This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06911547 9

~~137.7.~~
(Kre
PR

Entwurf

eines

meteorologischen Beobachtungs-Systems

für die

österreichische Monarchie.

Mit 15 Tafeln.

Nebst einem Anhange

enthaltend

die Beschreibung der an der k. k. Sternwarte zu Prag aufgestellten Autographen - Instrumente:

Windfahne, Winddruckmesser, Regen- und Schneemesser.

Mit 2 Tafeln.

Von

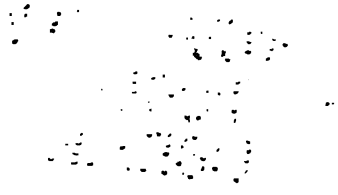
CARL KREIL,

Director der k. k. Universitäts-Sternwarte zu Prag, wirklichem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften etc.

ASTOR LIBRARY
NEW-YORK

Wien, 1850.

Aus der kaiserlich-königlichen Hof- und Staatsdruckerei.



Inhalt.

Seite

§. 1. Bestimmungsstücke der magnetischen Erdkraft 2

I. Declination.

2. Bestimmungsstücke der Declination 2
3. Hauptbestandtheile des Apparates und Auffindung der Spiegelaxe . 4
4. Auffindung der magnetischen Axe und des magnetischen Meridians 5
5. Berücksichtigung der Declinations-Aenderungen 5
6. Bestimmung des Winkels zwischen der optischen Axe des Fernrohres und der magnetischen Axe der Nadel 7
7. Werth eines Scalentheiles 7
8. Drehung des Fadens 8
9. Bestimmung der Declination 10
10. Magnetischer Saal, Theodolit, Scala, Mire 11
11. Träger, Hebeschraube, Faden 13
12. Magnetstab 16
13. Schiffchen und Torsionskreis 16
14. Spiegel und Spiegelhalter 17
15. Torsions- und Beruhigungsstab 18
16. Kasten 19
17. Aufstellung des Magnetometers 20
18. Dämpfer 22
19. Magnetischer Theodolit von Lamont. 22
20. Apparat zur Declinations-Bestimmung 23

Beispiele der Declinationsbestimmung.

21. Entfernung des Spiegels von der Scala 29
22. Torsion des Fadens 29
23. Spiegelfehler 32
24. Aenderungen der Declination 33
25. Correction wegen der Torsion 34
26. Bestimmung des Winkels δ. 35
27. Bestimmung des Winkels α und β 36

Seite

§. 28. Auffindung der Declination 36
29. Declinations-Bestimmung mit einem magnetischen Theodoliten . . . 37
30. Ergebniss mit diesem Theodoliten 37
31. Bestimmung der Declination mit einem zweiten Theodoliten . . . 38
32. Lage des Meridians 40
33. Correction wegen Torsion und Ergebniss 40

II. Horizontale Intensität.

34. Allgemeines Verfahren zur Auffindung der horizontalen Intensität . 41
35. Magnetometer 43
36. Torsion 45
37. Ablenkungen 46
38. Beruhigung 47
39. Berechnung der Tangenten der Ablenkungswinkel 49
40. Vorbereitungen zu den Schwingungsdauern 51
41. Verfahren bei der Bestimmung der Schwingungsdauer grosser Stäbe 52
42. Einfacheres Verfahren zur Bestimmung der Schwingungsdauer . . 56
43. Verfahren bei kurzen Schwingungsdauern 59
44. Gleichzeitige Beobachtungen am Variations-Apparate 61
45. Correctionen wegen der Temperatur des Hauptstabes 63
46. Correctionen wegen des Uhrganges und der Drehung des Fadens . 63
47. Correction wegen der Grösse des Schwingungsbogens 64
48. Bestimmung des Wärme-Coëfficienten 64
49. Beispiel der Intensitäts-Bestimmung mit dem Magnetometer . . . 66
a. Ablenkungen 66
b. Schwingungen des unbelasteten Stabes 68
c. Torsionsbestimmung 69
d. Schwingungen des belasteten Stabes 70
e. Gleichzeitige Beobachtungen am Bifilar-Apparate 72
f. Reduction der Ablenkungen 72
g. Reduction der Schwingungsdauern 73
h. Endergebniss 74
50. Intensitätsbestimmung mit dem magnetischen Theodoliten 76
51. Verfahren bei der Ablenkungen 77
52. Verfahren bei den Schwingungsdauern 78
53. Abänderungen an magnetischen Theodoliten 79
54. Correction des Ablenkungswinkels 80
55. Vereinfachung der Beobachtungen und Rechnungen 81
56. Beispiel der Intensitätsbestimmung mit dem magnetischen Theodoliten 82
a. Ablenkungen 82
b. Schwingungen mit kleinen Schwingungsbögen 82
c. Ergebniss der Beobachtungen 84
d. Schwingungen mit grössern Schwingungsbögen. 85

III. Inclination.

Seite

§. 57. Beschreibung des Apparates 87
58. Verfahren bei der Beobachtung 92
59. Beispiel einer Inclinations-Bestimmung 96

Variations-Apparate.

60. Erfordernisse der Variations-Apparate 96
61. Verfahren, die Correctionen anzubringen 99
62. Berechnung des Wärme-Coëfficienten aus den Beobachtungen . . 101
63. Zimmer der Variations-Apparate in Prag 103
64. Declinations-Apparat 105
65. Intensitäts-Apparat 106
66. Aufstellung dieses Apparates 109
67. Bestimmung des Verhältnisses der Drehkräfte 110
68. Beobachtungsstand des Bifilar-Apparates 111
69. Werth eines Scalentheiles 113
70. Inclinations-Apparat 116
71. Andere Bestimmung des Ablenkungswinkels 118
72. Bestimmung des Inductions- und Wärme-Coëfficienten 119
73. Beispiel der Berechnung der Aenderung der Inclination 120
74. Aufstellung der Fernröhre 122
75. Zeit der Beobachtung 123
76. Termins- und Störungsbeobachtungen 127

Astronomische Beobachtungen.

77. Bestimmung des Fehlers und Ganges der Uhr 128
78. Spiegel-Sextant 130
79. Höhenkreis 136
80. Verfahren bei den Beobachtungen 140
81. Beispiele der Zeitbestimmungen aus correspondirenden Sonnenhöhen 143
82. Beispiel einer Zeitbestimmung aus einfachen Sonnenhöhen 146
83. Bestimmung des Azimutes eines festen Punktes 150
84. Beispiel einer Azimut-Bestimmung 153
85. Bestimmung der geographischen Breite 156
86. Beispiel einer Polhöhenbestimmung mit dem Sextanten 159
87. Polhöhen-Bestimmung mit dem Höhenkreise 163
88. Correction wegen der Libelle 163
89. Beispiel der Berechnung einer Beobachtung 165
90. Mikroskope 166
91. Verfahren bei den Beobachtungen 168
92. Beispiel einer Beobachtung 169

Tafeln.

		Seite
I.	Tafel für die Mittagsverbesserung	171
II.	„ „ „ Mitternachtsverbesserung	174
III.	„ Mittlere Refraction	178
IV.	„ Correction wegen des Luftdruckes	182
V.	„ Correction wegen der Temperatur des Quecksilbers	182
VI.	„ Correction wegen der Temperatur der äusseren Luft	183
VII.	„ Höhenparallaxe der Sonne	183
VIII.	„ Logarithmen von m und n	184

Verbesserungen.

Seite 4 Zeile 4 von unten statt der Scalentheil lies den Scalentheil.
„ 7 „ 10 von unten statt für Theilung lies für die Theilung.
„ 10 „ 15 von oben statt magnetisch lies magnetische.
„ 41 „ 3 von oben statt osmit lies somit.
„ 70 „ 16 von oben statt Minuten lies Millimeter.
„ 80 „ 11 von unten statt ^{1} Cotg. φ lies $\frac{1}{3}$ Cotg. φ
„ 109 „ 19 von oben statt Magnometer lies Magnetometer.
„ 161 „ 16 von oben statt og. lies log.

Entwurf eines meteorologischen Beobachtungs-Systems für die österreichische Monarchie.

Von **Carl Kreil,**

Director der k. k. Universitäts-Sternwarte zu Prag, wirklichem Mitgliede der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften.

(Fortsetzung.)

IV. Ueber einige nicht meteorologische, aber damit zusammenhängende Beobachtungen.

Es gibt viele Erscheinungen, sowohl in der organischen als unorganischen Natur, welche in enger Verbindung stehen mit den in der Atmosphäre stattfindenden Veränderungen; dahin gehören: die Entwicklungsstufen der Vegetation, die periodischen Aenderungen in der Thierwelt, die Temperaturen in verschiedenen Tiefen der Erdrinde, die Aenderungen der Luftelektricität, u. dgl. Andere, wie die Aeusserungen der magnetischen Erdkraft, halten eine tägliche Periode ein, und zeigen namentlich mit dem Wechsel der Temperatur einen genauen Zusammenhang, woraus sich auf gleichen Ursprung schliessen lässt. In einem Beobachtungs-Systeme, welches die atmosphärischen Erscheinungen und ihre nächsten Folgen mit möglichster Vollständigkeit umfassen soll, dürfen solche Erscheinungen nicht übersehen werden, und da schon an mehren Beobachtungsstationen magnetische Apparate angeschafft wurden, und zur regelmässigen Aufzeichnung der von ihnen angezeigten Aenderungen geschritten worden ist, so mögen diese zuerst berücksichtiget werden.

wie diess bei der magnetischen Axe des Magnetstabes und der Meridianlinie der Fall ist. Die Voraussetzung ist um so mehr erlaubt, da die Instrumente, welche man zu dieser Winkelmessung braucht, nämlich die Theodoliten schon so eingerichtet sind, dass sie sogleich die Winkel im Horizonte angeben.

Man nennt den festen Punkt in der Nähe des Horizontes die Mire. Hiezu eignet sich jeder gut sichtbare, scharf begrenzte Gegenstand, wenn er nicht zu nahe ist. Es werde der erste der beiden zu messenden Winkel durch a, der zweite durch A bezeichnet, und für beide sei der Anfangs- oder Nullpunkt in der nach Süden gekehrten Richtung der geographischen Meridianlinie, so wie beide von Süden gegen Westen von 0° bis 360° wachsen sollen. Man nennt bekanntlich alle diese im Horizonte gelegenen und auf die angegebene Weise gezählten Winkel Azimute oder Azimutal-Winkel. Liegt die Mire im Meridiane selbst, so ist ihr Azimut (der Winkel A) gleich Null, und die Messung der Declination beschränkt sich auf die Bestimmung des Winkels a.

Bei der Messung dieser Winkel darf man den Collimationsfehler des Theodoliten nicht vernachlässigen, welcher darin besteht, dass die gerade Linie vom Centrum des Objectives des Fernrohres zum Fadenkreuze nicht mit der optischen Axe, d. i. mit der Axe des Lichtkegels zusammenfällt, den die vom Objectiv gebrochenen Strahlen bilden, in dessen Spitze (dem Brennpunkte) das Bild des Gegenstandes erzeugt wird, auf welchen das Fernrohr eingestellt ist. Dieser Fehler kann erkannt werden, wenn man das Fernrohr auf einen entfernten gut sichtbaren Punkt einstellt, es dann aus seinen Lagern herausnimmt und verkehrt wieder hineinlegt, so dass zwar das Objectiv wieder gegen denselben Punkt gekehrt ist, aber der Zapfen, welcher früher in dem Lager zur rechten Hand lag, nun links kömmt, und umgekehrt. Fällt nun der früher auf das Fadenkreuz eingestellte Punkt wieder auf dasselbe, so steht dieses richtig, und es ist kein Collimationsfehler vorhanden. Ist aber dieses nicht der Fall, so muss man durch Drehung des Fernrohres mittelst der Mikrometerschraube am Horizontalkreise das Fadenkreuz auf den Punkt einstellen. Liest man dann auf

diesem Kreise die Theilung M' ab, während man vor der Umlegung, als das Fernrohr auf demselben Punkt eingestellt war, M abgelesen hatte, so ist $\frac{1}{2}(M - M')$ der Collimationsfehler, um welchen jede Ablesung vermehrt oder vermindert werden muss, je nachdem sie bei der einen oder anderen Lage des Fernrohres gemacht wurde. In dem Falle der magnetischen Beobachtungen ist es um so weniger räthlich den Collimationsfehler zu vernachlässigen, weil die Skala ein naher, die Mire oft ein sehr entfernter Gegenstand ist, daher das Ocular für die erste herausgezogen, für die zweite tiefer hineingestellt werden muss, was leicht eine Aenderung dieses Fehlers hervorbringt. Andere Vorschriften über die Behandlung dieser Instrumente werden dort gegeben werden, wo von dem für die magnetischen Bestimmungen nöthigen astronomischen Beobachtungen gesprochen wird.

3. Hauptbestandtheile des Apparates und Auffindung der Spiegelaxe.

Die Magnetnadeln sind meistens parallelepipedische Stahlstäbe oft von bedeutender Ausdehnung. Die Lage der magnetischen Axe in einem solchen Stabe ist durch kein Merkmal bezeichnet, sondern muss erst durch Versuche gefunden werden, wozu man verschiedene Apparate ersonnen hat. Gewöhnlich pflegt man einen Spiegel entweder am Ende des Stabes oder in der Mitte zu befestigen, welcher auf seine Längenaxe nahezu senkrecht steht, ihm gegenüber eine nach Linien, Millimetern oder wie immer getheilte Scala, und darüber ein Fernrohr aufzustellen, in welchem die Zahlen und Theilungen der Scala, vom Spiegel zurückgeworfen, sichtbar werden. Zu diesem Ende muss die in ihrem Schwerpuncte an einem nicht gedrehten Seidenfaden oder an einem feinen Metalldrahte aufgehängte Nadel in der mittleren Höhe schweben zwischen der Scala und dem Fernrohre, dieses muss gegen den Spiegel gerichtet sein, und ein von der Mitte seines Objectives über die Scala herabgelassener Senkel muss der Scalentheil anzeigen, welcher mit der optischen Axe des Fernrohres in derselben Vertical-Ebene liegt. Um die Haupttheile des Apparates anschaulicher zu machen sind sie, auf die Horizontalebene der Nadelaxe

projicirt, in Fig. I dargestellt, wo *NS* die in ihrem Schwerpunkte aufgehängte Nadel, die in *S* den Spiegel trägt, *AB* die Scala, *Dm* das Fernrohr bezeichnet, von dessen Objective der Senkel auf den Scalentheil *m* trifft. Ist *ps* senkrecht auf der Ebene des Spiegels (die Spiegelaxe) und $pm = mq$, so wird der Scalentheil *q* unter dem Fadenkreuze erscheinen, woraus man die Richtung der Spiegelaxe sogleich finden kann, da $mp = \frac{1}{2}(m+q)$ sein muss.

4. Auffindung der magnetischen Axe oder des magnetischen Meridians.

Ist *NS* die magnetische Achse der Nadel und wäre der Spiegel senkrecht auf *NS*, so würde *Sp* die Verlängerung dieser Axe, somit *p* der Scalentheil sein, gegen welchen die magnetische Axe gerichtet ist, oder welcher im magnetischen Meridian liegt. Da man aber eine solche Lage des Spiegels nicht voraussetzen darf, so muss ein Mittel vorhanden sein, die Abweichung der Spiegelaxe *Sp* von der Richtung der magnetischen Axe *NS* zu erkennen und in Rechnung zu bringen. Dieses Mittel besteht darin, dass man die Nadel umlegt, so dass diejenige ihrer Flächen, welche früher nach unten gekehrt war, nun nach oben zu liegen kömmt, der Spiegel aber wieder gegen die Scala gerichtet ist. Sind nun die Zahlen der Scala so aufgetragen, dass sie von *m* gegen *q* wachsen, und hätte der Spiegel vor dem Umlegen eine von *p* gegen *m* abweichende Richtung gehabt, also zu kleine Zahlen gezeigt, so wird er nach der Umlage zu grosse zeigen, und zwar um eben so viel als sie vorher zu klein waren. Daraus folgt, dass das Mittel beider Ablesungen vor und nach dem Umlegen den Punkt *p* der Scala geben wird, welcher im magnetischen Meridiane liegt, vorausgesetzt, dass in der zwischen beiden Ablesungen verflossenen Zeit sich die Lage des magnetischen Meridians oder die Declination nicht geändert habe, eine Voraussetzung, welche, wenn man scharf beobachten will, wieder nicht zulässig ist.

5. Berücksichtigung der Declinationsänderungen.

Um auch dieser Bedingung zu genügen, ist es nöthig, dass ein zweiter Beobachter mit einem Apparate, der an einem an-

dern Orte aufgestellt ist, den Stand der Nadel in kürzeren Zwischenzeiten, z. B. von Minute zu Minute oder von zwei zu zwei Minuten ablese und aufzeichne, woraus sich die während der Declinationsmessung stattgehabte und in Rechnung zu bringende Aenderung ergibt. Ist kein zweiter Beobachter oder Apparat vorhanden, so muss man zu solchen Bestimmungen jene Stunden wählen, in denen die Aenderungen der Declination am kleinsten sind, nämlich die sogenannten Wendestunden, in welchen sie ihren grössten oder kleinsten Werth erreicht, und wieder abzunehmen oder zu wachsen beginnt. Diese Stunden sind für das Maximum 1 Uhr Nachmittags, für das Minimum 6 bis 8 Uhr Morgens. Letzteres tritt in den Sommermonaten merklich früher ein als im Winter. Auch wird man sich nicht begnügen, die Nadel einmal umzulegen, sondern man wird diess öfters wiederholen, so dass man in möglichst schneller Aufeinanderfolge vier oder sechs Ablesungen, die eine Hälfte bei der einen, die andere bei der anderen Lage der Nadel erhält, und zwar aus dem doppelten Grunde, erstens um Ablesungs- oder andere Beobachtungsfehler, von denen auch der geübteste Beobachter nicht genug auf der Hut sein kann, zu erkennen und unschädlich zu machen, zweitens, weil an manchen Tagen die Declination so unregelmässigen und schnellen Aenderungen (Störungen) unterworfen ist, dass auch die verlässlichste Beobachtung an einem solchen Tage nicht ihre wahre Grösse zu ermitteln vermag. Aus einer mehrfach wiederholten Umlegung der Nadel wird man nach jedesmaliger Ablesung eine solche Erscheinung in vielen Fällen erkennen können. Hat man nämlich zu den vorgeschriebenen Stunden z. B. sechs Ablesungen, drei bei jeder Lage der Nadel veranstaltet, und stimmen die drei bei der einen Lage unter sich und eben so die drei bei der entgegengesetzten Lage, so ist es zwar nicht gewiss, aber wahrscheinlich, dass weder ein grosser Beobachtungsfehler noch eine bedeutende Störung vorhanden sei. Findet aber eine solche Uebereinstimmung nicht statt, und kann sie auch nicht bei fortgesetzter Beobachtung oder durch genaue Besichtigung des Apparates (um eine etwaige Fehlerquelle in einem seiner Bestandtheile zu entdecken) hergestellt werden, so ist allerdings die Wahrscheinlichkeit einer allgemeinen magnetischen

Störung vorhanden, und man wird besser thun, die Beobachtung auf einen andern Tag zu verlegen.

6. Bestimmung des Winkels zwischen der optischen Axe des Fernrohres und der magnetischen Axe der Nadel.

Hat man durch das angedeutete Verfahren den Scalentheil p bestimmt, welcher im magnetischen Meridiane liegt, so handelt es sich darum, den Winkel DSp zu finden, den die optische Axe des Fernrohres Dm, projicirt auf die Horizontalebene der Nadelaxe, mit dieser macht. Diesen Winkel findet man leicht, wenn man die Entfernung Sp der Spiegelfläche von der Verticalebene, in welcher die Scale aufgestellt ist, kennt, welche Entfernung daher zuerst gemessen werden muss. Man wird zu diesem Behufe einen Senkel mit einem feinen Faden anbringen, welcher an die Scale im Puncte p streift, und den Abstand jenes Punctes des Fadens, welcher mit der Nadelaxe in einerlei Horizontal-Ebene liegt, vom Spiegel messen, wobei man jedoch zu bedenken hat, dass nicht die vordere Glasfläche, sondern (wegen der im Glase vorgehenden Brechung der Lichtstrahlen) die um zwei Drittel der Glasdicke hinter ihr liegende Ebene als spiegelnde Fläche anzusehen ist, wesswegen man zwei Drittel der Glasdicke noch zu dem gemessenen Abstande hinzuzugeben hat, um die richtige Entfernung zu finden. Ist diess geschehen, und ist die Entfernung in demselben Maasse ausgedrückt, welches für Theilung der Scale gewählt wurde, so hat man im Dreiecke mpS

$$Tang.\ mSp = \frac{mp}{pS} = \frac{1}{2} \cdot \frac{mq}{pS}.$$

7. Werth eines Scalentheiles.

Um jedoch die Berechnung dieses Winkels, welche öfters vorzunehmen ist, möglichst zu vereinfachen, wird man seinen Werth für den Fall suchen, dass mq gleich ist einem Scalentheile, und man hat, wenn man den Winkel für diesen Fall W und die Entfernung $pS = D$ nennt,

$$tang.\ W = \frac{1}{2D}.$$

Da dieser Winkel jedenfalls sehr klein ist, so kann man ihn sogleich in Bogensecunden ausdrücken, indem man setzt

$$W = \frac{206264.8}{2D}.$$

Man pflegt W den Werth eines Scalentheiles zu nennen, und braucht, wenn man ihn gefunden hat, nur die in der Entfernung mq enthaltenen Scalentheile durch ihn zu multipliciren, um sogleich die Anzahl der Secunden zu kennen, welche der Winkel mSp begreift.

8. Drehung des Fadens.

Die Richtung des magnetischen Meridians, oder was dasselbe ist, der Magnetaxe der Nadel, wäre nun bekannt, wenn der Faden, an welchem sie aufgehängt ist, keine Drehung hätte. Da man aber auch dieses nicht voraussetzen darf, so muss ein Mittel vorhanden sein, diese Drehung grösstentheils wegbringen, und was noch übrig bleibt, messen und in Rechnung ziehen zu können. Zum Wegbringen der Drehung des Fadens dient jede nicht magnetische Masse, welche ungefähr dasselbe Gewicht hat, wie die Magnetnadel sammt dem daran befindlichen Zubehör, und die an den Faden angehängt wird. Lässt man sie so lange daran hängen, bis dieser sich nicht mehr dreht, so stellt sich der Faden in eine Lage, welche man die ungedrehte nennen kann. Hat die nicht magnetische Masse eine Form, welche jener der Magnetnadel ähnlich ist, besteht sie z. B. aus einem Stabe von Blei oder Messing, und hat die Längenaxe dieses Stabes bei der ungedrehten Lage des Fadens eine Richtung, welche jener des magnetischen Meridians nahe kömmt, so kann man überzeugt sein, dass auch die Magnetnadel, wenn sie bei dieser Lage des Fadens eingehängt wird, eine sehr geringe Drehung zu überwinden hat, welche in den meisten Fällen vernachlässigt werden darf. Um aber dem Faden eine solche Lage geben zu können, bei welcher sich auch der nicht magnetische Stab bleibend in den magnetischen Meridian stellt, muss entweder das Schiffchen, in welchem der Stab liegt, für sich und unabhängig vom Faden zu drehen sein, so dass, wenn dieser seine umgedrehte Lage angenommen hat, der Stab in den Meridian gestellt werden kann, ohne den Faden zu drehen, oder es muss der obere Hacken, an welchem der

Faden befestigt wurde, zugleich mit diesem und dem daranhängenden Schiffchen und Stabe drehbar sein, und somit das ganze System dem Meridiane zugewendet werden können, ohne dass der Faden eine Drehung erleidet. Bei den grösseren Apparaten dieser Art, den Gauss'schen Magnetometern, ist an dem Schiffchen ein getheilter Drehungskreis angebracht, damit man genau wisse, um wie viel das Schiffchen oder der Faden gedreht wird.

Um aber auch die Drehung, welche noch übrig bleibt, messen und in Rechnung ziehen zu können, dient die sogenannte Torsions- oder Drehungs-Nadel, welche der anzuhängenden Magnetnadel an Form und Gewicht gleicht, aber aus nicht magnetischer Masse verfertigt und nur mit einem kleinen Magnete versehen ist, um ihr einen geringen Grad von Richtkraft mitzutheilen. Will man die Verbesserung finden, welche an die Declination in Folge der Drehung des Fadens anzubringen ist, so hänge man zuerst die Magnetnadel ein, und bestimme den Scalentheil, welcher im Meridian liegt; er sei S_1. Hierauf drehe man den Faden oder das Schiffchen um eine bestimmte Anzahl von Graden, z. B. um 360° oder 180° und suche wieder wie früher den Scalentheil S_2, gegen welchen die magnetische Axe der Nadel gerichtet ist, so ist die durch die Drehung des Fadens hervorgebrachte Ablenkung der Nadel $= S_2 - S_1 = n$ Scalentheile, abgesehen von der in der Zwischenzeit vorgegangenen Aenderung der Declination. Man hänge nun an den gedachten Faden die Drehungsnadel an, es sei der Scalentheil, gegen welche ihre Axe gerichtet ist $= S_4$, man drehe nun das Schiffchen oder den Faden in seine frühere Lage zurück und beobachte wieder den Scalentheil S_3, der in der Verlängerung der Nadelaxe liegt, so ist $S_4 - S_3 = N$ die von der Drehung des Fadens hervorgebrachte Ablenkung der Torsionsnadel, welche natürlich viel grösser sein wird, da sie eine schwächere Richtkraft besitzt als die Magnetnadel.

Offenbar ist n die Verbesserung der Declination, welche wegen der absichtlich bewirkten Drehung des Fadens anzubringen ist, so wie andererseits diese Drehung den Unterschied $N-n$ in der Stellung der Nadeln hervorgebracht hat. Da man bei so kleinen Drehungen diese Unterschiede den gesuchten Verbesserungen proportionirt annehmen kann, so ist

$$N - n : n = 1 : x \text{ oder } x = \frac{n}{N-n}, \text{ und}$$

x ist die Verbesserung der Declination für einen Scalentheil des Unterschiedes in der Stellung beider Nadeln. Hat man also bei irgend einer Declinationsbestimmung gefunden, dass die Drehungsnadel b Scalentheile weniger angibt als die Magnetnadel, so ist die Angabe der Magnetnadel um bx Scalentheile zu vergrössern, und um eben so viel zu verkleinern, wenn die Drehungsnadel b Scalentheile mehr angibt als die Magnetnadel.

Es braucht wohl kaum erinnert zu werden, dass, wenn man ganz scharf verfahren will, die Aenderungen der Declination während der Dauer der Bestimmung an einem zweiten Apparate zu verfolgen und sodann in Rechnung zu ziehen sind[1]).

9. Bestimmung der Declination.

Ist es durch das angezeigte Verfahren gelungen den Scalentheil p (Fig. 1) anzugeben, gegen welchen die magnetisch Axe der Nadel gerichtet sein würde, wenn keine Drehung und kein Spiegelfehler vorhanden wäre, so unterliegt die Bestimmung der Declination keiner weiteren Schwierigkeit, wenn nur das Fernrohr einen gehörig getheilten Horizontalkreis besitzt, und ein Punkt in der Nähe des Horizontes vorhanden ist, dessen Winkelabstand vom geographischen Meridiane (Azimut) man kennt. Ist M dieser Punkt (die Mire), sn der durch die verticale Drehungsaxe C des Fernrohres Dm gelegte geographische Meridian, so ist das Azimut sCM, also auch der Winkel $nCM = \alpha$ bekannt, und da der Winkel $SCM = \beta$ auf dem Horizontalkreise des Fernrohres gemessen werden kann, so kennt man auch den Winkel $SCn = \beta - \alpha = \gamma$. Da ferner der Winkel $mSp = \delta$ auf die früher angedeutete Weise (nach 6) zu ermitteln ist, so ist auch der Winkel Sdn, die Declination bekannt. Bezeichnet man diese mit D, so hat man nämlich

$$Sdn = D = \gamma + \delta = \beta + \delta - \alpha.$$

---

[1]) Ueber ein anderes Verfahren zur Bestimmung der Torsion s. Resultate des magnetischen Vereines 1838, S. 78. — Die genaue Reduction der Magnetometer-Beobachtungen, um daraus die Declination zu finden, ist in den Resultaten des magnetischen Vereines 1837, S. 104 u. f. weitläufig auseinandergesetzt.

Natürlich muss der zur Messung des Winkel β verwendete Theodolit früher durch die Fusschrauben gehörig horizontal gestellt worden sein, was man daraus erkennt, dass die darauf gestellte Libelle in jeder Richtung einspielt.

Der Apparat, welcher seinen Hauptbestandtheilen nach in Fig. 1 angegeben worden ist, wurde von Gauss in Göttingen im Jahre 1832 aufgestellt und zur öffentlichen Kenntniss gebracht [1]). Man sieht, dass eine mit ihm ausgeführte Declinationsbestimmung die Messung dreier Winkel α, β und δ erfordert, und dass man sich nur in dem Falle mit zwei Messungen begnügen kann, wenn das Fernrohr im magnetischen Meridiane aufgestellt ist, und seine optische Axe Dm (Fig. 1) mit der magnetischen Axe pN des Stabes zusammenfällt. Da aber dieser Fall wegen der Veränderlichkeit in der Lage des magnetischen Meridians nicht dauernd eintreten kann, so bleibt nur das angedeutete Verfahren übrig, wobei es übrigens vortheilhaft ist, das Fernrohr wenigstens dem magnetischen Meridian sehr nahe zu stellen.

Hoffentlich hat man durch die vorhergehenden Angaben eine Einsicht in den Zweck und die Hauptbestandtheile der magnetischen Apparate gewonnen, und es wird nun um so leichter sein, eine mehr ins Einzelne gehende Beschreibung und die Anwendung der verschiedenen Bestandtheile aufzufassen. Durch diese Beschreibung wird sich auch das Verfahren, das man bei der Aufstellung eines solchen Apparates und der Ausführung der Beobachtungen zu befolgen hat, von selbst ergeben. Für das Magnetometer von Gauss ist in den „Resultaten des magnet. Vereins 1836. S. 13 etc." eine so vollständige Beschreibung geliefert, dass wohl nichts anderes zu thun ist, als sie der Hauptsache nach hier aufzunehmen.

10. Magnetischer Saal, Theodolit, Scala, Mire.

Zur Aufstellung der magnetischen Instrumente eignet sich am besten ein länglich-viereckiger Saal, der nach der Richtung

[1]) S. die Abhandlung von Gauss: Intensitas vis magneticae ad mensuram absolutam revocata. Gottingae 1832. — Göttinger gel. Anzeigen 1832. S. 2041 und 1835 S. 345. — Schumachers Jahrbuch 1836 S. 1. — Resultate des magnetischen Vereines 1836 S. 13, 1837 S. 104, 1838 S. 68.

des magnetischen Meridians ungefähr 6 Klafter Ausdehnung hat, dessen Seitenwände aber nicht nothwendig dieser Richtung parallel zu sein brauchen. Er muss helles Licht haben, vor Luftzug geschützt und mit einem festen Fundamente versehen sein, auf welchem der Theodolit und die Uhr aufgestellt werden können. Auch ist zu wünschen, dass von der Stelle des Theodolitenfernrohrs aus ein entferntes Object zu sehen sei, dessen Azimut bekannt ist, oder genau bestimmt werden muss. Dieser Saal darf natürlich keine eisernen Bestandtheile enthalten, jedoch werden die stählernen Axen der Uhr und die Zapfen des Theodoliten, welche immerhin ungefähr 3 Klafter vom Instrumente entfernt aufgestellt werden können, darauf keinen merkbaren Einfluss ausüben. In einer Entfernung von 100 Fuss und darüber werden selbst grössere Eisenmassen, wie Stangen, Geländer u. dgl. kaum eine Einwirkung merken lassen, und man hat sie daher, vorzüglich wenn sie fest sind, nicht zu scheuen. Das Magnetometer wird am besten nahe in die Mitte des Saales aufgehängt, und der Theodolit in einer Entfernung von 2 — 3 Klafter von ihm, so dass sein Abstand von der gegenüberstehenden Wand doppelt so gross ist als jener vom Spiegel des Magnetometers. Die Nadel desselben ist zur Abwendung von Luftströmungen mit einem runden oder sechseckigen Kasten umgeben. Der Theodolit muss nach Art der astronomischen Instrumente auf einem gemauerten oder steinernen Fundamente und wo möglich auch auf einem solchen Pfeiler stehen, welcher mit dem übrigen Fussboden in keiner Berührung ist. Auf jenem Theile der dem Theodoliten gegenüberstehenden Wand, welche das Fernrohr trifft, wenn das Objectiv so weit erhöht wird, dass die optische Axe über den Kasten des Magnetometers hinweggeht, ist eine Mire angebracht, welche dazu dient, sich von der unverrückten Stellung des Fernrohrs zu überzeugen, oder es in die frühere Stellung zurückzubringen, wenn es verrückt sein sollte. Der Theodolit, das Magnetometer und die Mire müssen möglichst nahe im magnetischen Meridian stehen, welcher daher vor der Aufstellung auf dem Boden des Saales zu verzeichnen ist.

Neben dem Theodoliten ist an einem eigenen Pfeiler oder an der gemauerten Wand die Pendeluhr aufgestellt, welche Secunden mittlerer Zeit schlägt, und deren Fehler und Gang immer bekannt

sein muss, um jede Beobachtung zur festgesetzten Secunde anstellen zu können.

Unterhalb des Theodoliten ist an dem Pfeiler die Scala angebracht in einer solchen Entfernung vom Fernrohr, dass die durch die Nadel des Magnetometers gelegte horizontale Ebene jene Entfernung halbirt, damit die Nummern derselben vom vertical gestellten Magnetometerspiegel reflectirt in das Fernrohr gelangen. Die Längenaxe der Scala muss senkrecht auf dem magnetischen Meridian stehen, auch soll sie beliebig etwas höher oder tiefer gerückt werden können. Vom obern Rande des Objectives durch die Mitte desselben geht ein Lothfaden auf den Boden, der sehr nahe an der Scala streift und den Punct derselben angibt, welcher in der Verticalebene der optischen Axe des Fernrohres liegt, daher dazu dient, seinen unverrückten Stand gegen die Mire anzuzeigen.

Tafel I und II zeigen den Saal des magnetischen Observatoriums in Göttingen mit dem Theodoliten und der Scala, der Uhr und dem Beruhigungsstabe, dem Kasten, in welchem die Nadel des Magnetometers eingeschlossen ist, dem Faden und Träger, an welchem sie hängt, die mit einem Pfeile bezeichnete Mire auf der gegenüberstehenden Wand, und den zur Intensitätsmessung nöthigen Mess-Stangen.

Die Theile, aus denen das Gauss'sche Magnetometer besteht, und welche zur Declinationsmessung erfordert werden, sind ausser der Scala, von welcher bereits gesprochen wurde, 1) der Träger nebst der Hebeschraube und dem Faden, 2) der Magnetstab, 3) das Schiffchen mit dem Torsionskreise, 4) der Spiegel und Spiegelhalter, 5) der Torsions- und der Beruhigungsstab.

11. Träger, Hebeschraube, Faden.

Es ist sehr zweckmässig, den Faden, welcher den Magnetstab tragen soll, an der Decke zu befestigen, weil dadurch der Magnetstab vom Fussboden hinreichend isolirt und vor den Erschütterungen geschützt wird, die der Fussboden beim Gehen im Saale erleidet, und weil der Faden dadurch eine schickliche Länge erhält. Wählt man keinen Metalldraht (dessen Elasticität bei gleichem Tragvermögen fast zehnmal grösser ist, als die eines Seidenfadens), sondern einen aus parallelen Coconfäden zusammengesetz-

ten Faden zum Tragen des Magnetstabes, so verlängert sich dieser zumal im Anfange sehr beträchtlich, und es wird darum von Zeit zu Zeit nothwendig, den Faden in die Höhe zu ziehen, damit der Stab und der daran befestigte Spiegel seine ursprüngliche Höhe wieder erhalte. Bei diesem Aufziehen darf der Faden nicht aus der Verticalen, die er einnahm, verrückt werden. Zu diesem Zwecke dient eine Schraube, in deren Gewinde der Faden eingelegt ist, und auf welcher er noch weiter aufgewunden werden kann, während ein entfernterer Theil der Schraube in eine feststehende Mutter eingreift. Das Gewinde, in welches der Faden beim Vorwärtsdrehen der Schraube sich neu einlegt, tritt dann von selbst (durch die Vorwärtsbewegung der ganzen Schraube) an die Stelle dessen, in welchem der vertical herabhängende Faden zuvor gelegen hatte. Die feststehende Mutter nebst einem festen Lager, durch welches die Schraubenspindel an ihrem Ende frei hindurchgeht, sind in einem hölzernen Schieber eingelassen, der mit Nuth und Feder in ein grösseres an der Decke befestigtes Bret eingreift und darin von Ost nach West oder umgekehrt verschoben werden kann. Wenn mit der Zeit die Lage des magnetischen Meridians sich beträchtlich ändern sollte, so dient diese Schiebung dazu, das Magnetometer in dem Meridian des Fernrohres zu erhalten. Nach einer solchen Verschiebung des Trägers an der Decke, die nur selten vorgenommen zu werden braucht, muss an der gegenüberstehenden Wand eine neue Mire angebracht werden, auf welche das Fernrohr, ohne aus dem Meridian zu weichen, eingestellt werden kann.

Fig. IV. stellt den Träger nebst Schraube und Faden, von Westen gesehen, dar. *AA* ist ein an der Decke befestigtes Bret; *BB* sind zwei darauf geleimte parallele Holzleisten, zwischen denen sich ein Schieber *DD* von Osten nach Westen bewegen lässt, der von zwei vorspringenden Leistchen *CC* getragen wird. Am Schieber sind durch Schrauben die messingenen Lager *E* befestigt, durch welche die Hebeschraube in der Richtung von Ost nach West durchgeht, *F* ist ihr Schraubenkopf am westlichen Ende, der in dieser Figur die Schraube selbst bedeckt. *G* ist der an der Schraube befestigte Faden.

V. stellt denselben Träger nebst Schraube und Faden gesehen dar. *AA* ist hier der Längendurchschnitt

des an die Decke befestigten Bretes; *BB* ist die nördliche auf jenes Bret aufgeleimte Leiste; *CC* das Leistchen, auf welchem der Schieber aufruht. Es ist am Rande mit einer Scale versehen, die zur Stellung des Schiebers dient; *DD* stellt den Schieber seiner Länge nach dar, woran die messingenen Lager *E* und *E'* mit Schrauben befestigt sind. Durch diese Lager geht die Hebeschraube hindurch, deren Kopf *F* ist. Diese Schraube greift mit ihrem Gewinde in das Lager *E* ein und wird daran von der Gegenmutter *H* festgedrückt. Nahe an dem zweiten Lager *E* verwandelt sich die Schraube in einen glatten Cylinder, der durch eine glatte Oeffnung des Lagers *E'* hindurchgeht. Am Ende der Schraubengewinde ist der Faden *G* befestigt und liegt in den Schraubengängen, worin er bis zur Mitte zwischen beiden Lagern fortläuft, von da senkrecht herabhängt und am untern Ende das Schiffchen des Magnetometers trägt. Soll der Faden gehoben werden, so wird die Gegenmutter *H* gelösst, und dann die Schraube am Schraubenkopfe *F* in ihren Lagern gedreht.

Der Faden, an dem der Magnetstab hängt, besteht aus 200 parallelen Coconfäden, von denen jeder 30 Gramme trägt, ohne zu zerreissen. Das Gewicht, welches dieser Faden gewöhnlich zu tragen hat, beträgt fast 2000 Gramme (3,5 Wiener Pfunde), wozu bei der Intensitätsmessung noch 1000 Gramme kommen. Er trägt also nie mehr als die Hälfte des Gewichtes, bei dem er zerreissen würde. Er ist dabei 2 Meter (6,3 Wiener Fuss) lang, und hat eine Torsionskraft, deren Moment für kleine Ablenkungen etwa den 1000ten Theil des magnetischen beträgt. Dieser Faden ist so zubereitet worden, dass der einfache Coconfaden 25mal um zwei Glasröhren geführt wurde, die 4mal weiter von einander abstanden als der Faden lang werden sollte. Darauf wurden die beiden Ende des Fadens fest zusammengebunden und der von ihnen gebildete 25fache Ring durch Entfernung der beiden Glasröhren gespannt. Darauf wurde mitten zwischen den beiden Glasröhren ein Haken mit einem kleinen Gewichte angehängt, die beiden Glasröhren in die Höhe gehoben, zusammengeführt, und die beiden die Glasröhren umschliessenden Schleifen in eine Schleife vereinigt. So entstand ein hundertfacher Faden, der oben und unten eine Schleife bildete,

und auf ähnliche Weise nochmals zusammengelegt den Faden gab, an welchem der Magnetstab aufgehangen wurde.

12. Magnetstab.

Der Magnetstab ist von feinem Stahle und vollkommen gehärtet. Seine Form ist in *DD* Fig. VI, VII und VIII ersichtlich. In Göttingen gebraucht man sehr grosse Stäbe, von 25 Pfund Gewicht, 10 Pf., 4 Pf. u. s. f. Man glaubte hiedurch manche äussoren Störungen, z. B. die der Luftströme unschädlich zu machen, welche, da die einschliessenden Kästen die Nadel nicht luftdicht absperren, oft merklich einwirken. Die neueren in München verfertigten Apparate haben viel kleinere Magnete, die aber möglichst luftdicht eingeschlossen sind. Auch in den Göttinger Apparaten, welche für Reisen eingerichtet werden, sind die Magnete kleiner, der jetzt beschriebene ist aber für einen festen Aufstellungsort bestimmt.

13. Schiffchen und Torsionskreis.

Um die Grösse der Torsionskraft zu messen und ihren Einfluss dadurch zu vermindern, dass der Faden bei dem mittleren Stande des Magnetstabes sich in einer nicht gedrehten Lage befindet, war es nöthig, ihn an einem seiner beiden Ende so um sich selber drehen zu können, dass sich dabei der Drehungswinkel messen liesse. Um diese Drehung zur Hand zu haben, wird sie am untern Ende des Fadens angebracht; damit aber der Magnetstab nicht mit gedreht werde, ist das Schiffchen *BBCC* Fig. VI, VII, VIII aus zwei Theilen, gleichsam aus einer Alhidade *CC* und einem Kreise *BB* zusammengesetzt, die sich nur um eine gemeinsame vertikale Axe drehen lassen. Die Alhidade trägt den Magnetstab *DD* und wird vom Kreise getragen. Der Kreis ist mit einem Zapfen *L* versehen, der durch die Alhidade durchgeht, und oben einen Querbalken *MN* (Fig. VIII) mit den beiden Schlingen *AA* trägt, deren jede mit einem Loche (Fig. VII) versehen ist, in welche die Zäpfchen *PQ* des Querstückes (Fig. IX, X), an welches der Faden geknüpft ist, eingesteckt und darin durch eine auf den Querbalken *MN* (Fig. VIII) drückende Feder erhalten werden. Bei dieser Einrichtung des Schiffchens ist es von Wichtigkeit, dass die Alhidade, in welcher der Magnetstab

liegt, auf dem Rande des Kreises, der vom Faden getragen wird, aufliege, weil sonst der Fall eintritt, dass die Reibung, wenn sie bloss an der Drehungsaxe stattfindet, eine gegenseitige Verschiebung beider Theile gegen einander in Folge des vom schwingenden Stabe erhaltenen Impulses gestattet. Uebrigens ist das Schiffchen so gestaltet, dass der Magnetstab sowohl mit seiner breiten als schmalen Seite nach unten gekehrt eingelegt werden kann, um bei Declinationsbestimmungen die Lage des Spiegels gegen die magnetische Axe des Stabes in beiden Richtungen genau bestimmen zu können.

14. Spiegel und Spiegelhalter.

Der Spiegel des Magnetometers muss vollkommen plan sein, weil sonst bei der starken Vergrösserung, die man nöthig hat, um die Theilung der Scale aus der grossen Entfernung, in welcher sie steht, scharf zu sehen, das Bild undeutlich wird. Es ist vortheilhaft, wenn er etwas breiter als hoch ist, weil, wenn der Magnetstab schwingt, abwechselnd der rechte und linke Theil des Spiegels vor das Fernrohr tritt. Die angemessensten Dimensionen sind 50—70 Millimeter Höhe und 70—100 Millim. Breite. Der Spiegel wird an dem dem Fernrohre zugekehrten Ende des Magnetstabes befestigt, und soll mit ihm ein festes System bilden, dass keine gegenseitige Verrückung beider während der Versuche zu fürchten ist, ungeachtet dabei der Magnetstab aus dem Schiffchen herausgenommen und verkehrt wieder hineingelegt wird. Auch soll er eine solche Lage erhalten, dass seine Normale (die Spiegelaxe) der magnetischen Axe des Stabes sehr nahe parallel ist. Zu diesem Zwecke dient der Fig. VI, VII und XI abgebildete Spiegelhalter, der bei *E* (Fig. VI und VII) eine den Magnetstab umschliessende Scheide bildet, die durch Schrauben daran festgeklemmt wird. An dieser Scheide ist ein um eine vertikale Axe *E'E'* (Fig. XI) drehbares Rähmchen *FF'* angebracht. Eine kleine Druck- und Klemmschraube, die zur Verstellung und Feststellung dieses Rähmchens dienen, befinden sich auf der abgewendeten Seite der Figur und sind darum nicht sichtbar (in Fig. XI sieht man sie bei *G*). Mit diesem ersten um eine verticale Axe drehbaren Rähmchen ist ein zweites um eine horizontale Axe *F'F'* (Fig. XI) drehbares

Rähmchen *HH* verbunden, welches gegen das erste mittelst der bei *M* sichtbaren Druck- und Klemmschraube gleichfalls verstellt und festgestellt werden kann. An diesem zweiten Rähmchen sind die drei Klemmen *K* angebracht, welche den Spiegel aufnehmen sollen. Das im Hintergrunde zwischen *E* und *E''* (Fig. XI) sichtbare Rechteck ist der Querschnitt der den Magnetstab umschliessenden Hülse. Diese Hülse hat auf der einen Seite zwei Vorsprünge *E'*, *E'*, welche die verticale Axe des Rähmchens *FF'F'F'* bilden. Gegenüber bei *E''* ist ein dritter Vorsprung, gegen welchen die Druck- und Klemmschraube wirken, die zur Verstellung und Feststellung dieses ersten Rähmchens dienen. An diesem ersten Rähmchen bei *F'F'* ist eine horizontale Axe angebracht, um welche das zweite Rähmchen *HHH* sich drehen kann. Dieser Axe gegenüber sind an beiden Rähmchen kleine Vorsprünge, die durch Druck- und Klemmschraube ebenfalls gegenseitig verstellt und festgestellt werden können. In dem zweiten Rähmchen sieht man drei Schlitze *HH* angebracht, in welchen drei kleine Schieber verschoben und festgestellt werden können. Diese Einrichtung dient dazu, den Raum zur Aufnahme des Spiegels der Grösse des letzteren anzupassen. Diese drei Schieber endigen mit drei kleinen verticalen Kreisflächen, auf welche die belegte Seite des Spiegels mit ihren Rändern aufgelegt wird, während der Kopf einer Schraube, deren Gewinde am Spiegelrande vorbei in den Schieber eingreift, auf die Vorderfläche des Spiegels drückt. Fig. XI zeigt nur die Schraubenköpfe, in Fig. VI sieht man aber bei den zwei sichtbaren Schieber die beiden den Spiegel umfassenden Flächen, jedoch ohne Spiegel, in Fig. VII sieht man alle drei Schieber sammt dem zwischenliegenden Spiegel.

15. Torsions- und Beruhigungsstab.

Von dem Torsions-Stabe ist schon früher (in 8) gesprochen worden. Hier genügt es also zu erwähnen, dass er ganz die Form und Grösse des in Fig. VI und VII abgebildeten Magnetstabes hat, aus Messing gearbeitet ist, und in der Mitte eine kleine Vertiefung besitzt, welche von einem 2—3 Zoll langen und ungefähr einen halben Zoll breiten Magneten ausgefüllt wird. Das Schiffchen und der Spiegelhälter ist daher auch für

ihn anpassend, und der Spiegel kann an ihm eben so genau berichtigt werden, wie am Magnetstabe.

Zur schnellen und genauen Ausführung der Beobachtungen ist es von Wichtigkeit, die Schwingungen des Magnetstabes nach Belieben moderiren zu können, sie bald zu vergrössern, bald zu verkleinern, wie es der vorgesetzte Zweck erfordert. Hiezu dient der Beruhigungsstab, in dessen Gebrauche sich jeder Beobachter einüben muss. Es ist ein Magnetstab, der die halbe Länge und Breite von jenem des Magnetometers hat. Wird dieser Stab vom Beobachter, welcher hinter dem Theodoliten sitzt, horizontal und rechtwinklig auf den magnetischen Meridian gehalten, so bringt er in der Entfernung von ungefähr 3 Klaftern am Magnetometer eine Ablenkung von nahe einer Bogenminute hervor, und zwar westlich, wenn sein Pol, der dem zugewendeten des Magnetometerstabes gleichnahmig ist, östlich gehalten wird. Diese Ablenkung wird desto kleiner, je mehr der Beruhigungsstab sich von der horizontalen Lage entfernt, und verschwindet gänzlich, wenn er vertical gehalten wird, daher man auch diesen Stab ohne Bedenken immer in der Nähe des Theodoliten bewahren kann, wenn nur seine Längenaxe nicht ausser den magnetischen Meridian tritt, und der verticalen Richtung nahe bleibt. Da der Magnetstab nach jeder Operation, die man an ihm vornimmt, wie beim Umlegen wegen der Auffindung der magnetischen Axe, beim Herausnehmen und Hineingeben wegen der Torsionsbestimmung u. dgl. sich immer in grossen Schwingungen befindet, so ist die gehörige Einübung im Gebrauche des Beruhigungsstabes eine der unerlässlichen Bedingungen, um die Beobachtungen schnell und sicher auszuführen. Es kann übrigens jedes beliebige Stück Eisen, wenn es so in die Nähe des schwingenden Stabes gehalten wird, dass es dessen Bewegung hemmt, zur Beruhigung verwendet werden.

16. Kasten.

Der Kasten, welcher das Magnetometer vor den Einflüssen der Luftströmungen schützt, ist weit und zugänglich gebaut. Er bildet einen Cylinder von 800 Millimeter (ungefähr 2,5 Wien. Fuss) Durchmesser und 300 Millim. (1 Wien. Fuss) Höhe. Diese Form war für die Versuche zu Intensitätsmessungen die

angemessenste. Auch war es nöthig, dass der Kasten von oben ganz geöffnet, jedoch auch wieder sehr dicht verschlossen werden konnte, so dass nur für den Faden eine Oeffnung in dem Deckel, für den Spiegel eine in der Seitenwand des Kastens blieb. Die letzte kann mit einem hölzernen Schieber verschlossen werden, um in der Zeit, wo nicht beobachtet wird, den Luftzug abzuhalten. Oberhalb verschliessen zwei halbkreisförmige Deckel den Kasten, in welchem sich die kleine Oeffnung für den Faden befindet, jedoch nicht in der Mitte, sondern so angebracht, dass der Spiegel dicht vor der Seitenöffnung des Kastens zu schweben kömmt, damit eine kleinere Oeffnung hinreiche, um das Licht von der Scale zum Spiegel und von diesem zum Fernrohre gelangen zu lassen. Um den Kasten herum sind mehrere Stangen gelegt, die zu der Intensitätsmessung dienen. In Tafel I u. II, welche den magnetischen Beobachtungssaal zu Göttingen darstellen, sieht man auch den Kasten sammt diesen Messstangen.

17. Aufstellung des Magnetometers.

Nach dieser Beschreibung des Magnetometers werden wenige Worte genügen, um das Verfahren bei der Aufstellung kennen zu lernen. Hat man, wie schon früher erwähnt wurde, die Richtung des mittleren [1]) Meridians auf dem Boden des Beobachtungssaales angezeigt, und den Theodoliten in diese Richtung, die Scale senkrecht darauf gestellt, so lasse man von der Decke des Saales ein Loth bis auf den Fussboden herab, welches ebenfalls in den magnetischen Meridian fallen muss. Dieses Loth, welches vorläufig die Stelle des Fadens vertritt

[1]) Da nämlich die magnetische Declination also auch der Meridian von Stunde zu Stunde seine Lage ändert, so kann man ihn nicht ganz genau, sondern nur durchschnittlich verzeichnen. Der mittlere magnetische Meridian ist jene Vertical-Ebene, welche durch die mittlere Declination gelegt wird, d. h. durch das Mittel aller im Verlaufe eines Tages von Stunde zu Stunde oder wenigstens von zwei zu zwei Stunden beobachteten Declinationen. Hat man keine stündlichen oder zweistündlichen Beobachtungen zu Gebote, so kann man das Mittel der um 7 Uhr Morgens und 1 Uhr Nachmittags gefundenen Declination als mittlere annehmen. Will man sich auf eine Beobachtungsstunde beschränken, so ist die um 10 Uhr Vormittags oder um 6 Uhr Abends der mittleren Declination am nächsten.

an welchem der Magnetstab aufgehängt werden soll, dient einerseits dem Träger, andererseits dem Fernrohre seine genaue Stellung anzuweisen, denn dieses muss so gestellt werden, dass die durch jenes Loth und den verzeichneten magnetischen Meridian gehende Ebene auch die optische Axe des Fernrohres in sich enthalte, und dass für einen Punkt des Lothes, dessen Höhe über den Fussboden die mittlere ist zwischen jener der Scale und des Fernrohres die Summe der Entfernungen dieses Punktes von der Scale und dem Objectiv des Fernrohres gleich sei der Entfernung des Objectives von der auf der gegenüberstehenden Wand bezeichnete Mire. Ist nun dieser Punkt des Lothes sowohl als auch dessen Ausgangspunkt an der Decke bezeichnet worden, so dient letzterer den Träger an seinen gehörigen Platz zu stellen, und das Schraubungsgewinde zu bestimmen, von welchem der Faden herabhängen soll, ersterer den Ort des Fadens anzugeben, an welchem das Schiffchen zu befestigen ist. Da der Faden sich nach der Belastung ohnehin ausdehnt, wird man den Befestigungspunkt lieber höher wählen, und die richtige Höhe, wenn der Faden seine bleibende Länge erlangt hat, durch die Hebeschraube herstellen. Die Höhe des Magnetometers ist dann genau, wenn die Nummern der Scale in der Mitte des Gesichtsfeldes des auf den Spiegel gerichteten Fernrohres erscheinen, wobei jedoch die Ocularröhre desselben zuerst in eine solche Lage zu bringen ist, dass man die Mire, wenn das Fernrohr darauf gerichtet wird, deutlich sieht. Hat man dann das Fernrohr wieder auf den Spiegel gerichtet, so halte man das Auge seitwärts vom Oculare, aber ihm nahe, und genau in derselben Höhe, so wird man, wenn der Stab in der gehörigen Höhe hängt, und das Fernrohr genau auf den Spiegel gerichtet ist, die Scale mit freiem Auge durch die Mitte des Spiegels durchgehen sehen. Ist diess der Fall, so wird sie auch im Gesichtsfelde des Fernrohres erscheinen. Muss man aber das Auge höher halten als das Ocular, um die Scale im Spiegel zu sehen, so hängt der Spiegel und der Stab zu hoch, oder die Scale steht zu tief, man muss daher den einen oder die andere verstellen, bis sie am gehörigen Orte sind. Dasselbe ist der Fall, wenn man das Auge unter das Ocular halten muss, um die Scale zu sehen. Manchmal sieht man die Scale deutlich im Gesichts-

felde, aber sie erscheint am oberen oder unteren Rande desselben. Man bringt sie dann durch eine kleine Verrückung des Fernrohres, indem man das Ocular höher oder tiefer stellt, in die Mitte. Sieht man sie am rechten oder linken Rande des Gesichtsfeldes, so ist diess ein Zeichen, dass das Fernrohr gegen den Rand des Spiegels nicht gegen seine Mitte gerichtet ist. Man wird also das Ocular ein wenig nach rechts oder links führen, bis man die Scale in der Mitte hat. Endlich geschieht es auch öfters, dass man nur den oberen oder unteren Theil der Scale sieht, während der andere Theil unsichtbar ist, und nur zum Vorschein kömmt, wenn die Scale scheinbare (der Spiegel wirkliche) verticale Schwingungen macht. Dieser Uebelstand lässt sich nicht mit dem Fernrohre verbessern, sondern man muss entweder den Spiegel oder die Scale höher oder tiefer stellen, bis die ganze Scale deutlich wird.

18. Dämpfer.

Magnetstäbe, bei denen es sich nur darum handelt, ihre Richtung nicht aber die Dauer einer Schwingung zu beobachten, pflegt man mit einem Gehäuse von dicken Kupferplatten zu umgeben, oder ihnen auch eine solche Kupferplatte in geringer Entfernung unterzulegen, welche Vorrichtung dazu bestimmt ist, die Schwingungen schnell zu verkleinern, und darum auch der Dämpfer genannt wird. Man muss sich jedoch vor dem Gebrauche überzeugen, dass das Kupfer von Eisentheilen frei ist, weil sich Fälle ergeben haben, wo es den Magnet von seiner natürlichen Stellung ablenkte. Bei kleineren Magneten, die man luftdicht verschliessen kann, sind die Schwingungen ohnehin kaum merklich, daher man den Dämpfer entbehren kann.

19. Magnetischer Theodolit von Lamont.

Ungefähr zehn Jahre nach dem Bekanntwerden dieser Apparate hat Lamont die Beschreibung seiner magnetischen Theodoliten veröffentlicht[1]), welche die Messungen der De-

[1]) Annalen für Meteorologie und Erdmagnetismus von Lamont. 1842. 1. Heft, S. 164; 2. Heft, S. 179; 3. Heft, S. 171; 4. Heft, S. 224 und in mehreren folgenden Heften. Dessen Handbuch des Erdmagnetismus S. 224.

clination vereinfachen, da sie keiner Scala bedürfen, sondern diese durch den Kreis der Theodoliten selbst ersetzt wird. Er ist nach einem von der kön. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften im Jahre 1843 angeschafften Exemplare in den Figuren XII bis XXI dargestellt, und hat zwar seit jener Zeit in einigen Theilen kleine Abänderungen erlitten, die jedoch dem Beobachter, der einmal mit dessen Hauptbestandtheilen vertraut ist, in der Anwendung keine Schwierigkeit mehr machen werden.

Fig. XII und XIII zeigen in *ABC* das auf drei Schrauben ruhende Gestelle und in *abc* den Horizontalkreis des Theodoliten, auf welchem sich mittelst des durchgehenden Zapfens *AF* (Fig. XIII) der Aufsatz *YY'ZZ'* (Fig. XIII und XIV) in horizontaler Richtung drehen lässt. Die Fortsetzung dieses Aufsatzes *YY'UV* (Fig. XIII) wird Behufs der Intensitätsmessung darauf gestellt. Man denke sich also für die Declinationsbestimmung diese Fortsetzung abgenommen, wodurch der Aufsatz die in Fig. XIV dargestellte Gestalt, jedoch ohne der Glasglocke *de*, erhalten wird. Das Fernrohr *PQ*, dem durch die Schraube *ST* die gegen den Horizont parallele Lage gegeben werden kann, hat in der Ocularröhre einen Einschnitt, in welchem ein kleines Spiegelchen *R* vom gewöhnlichen Glase eingelegt wird, das ungefähr unter 45^0 gegen die optische Axe des Fernrohres geneigt ist, und die Bestimmung hat, das von oben kommende Licht unter einem rechten Winkel zu brechen, so, dass es mit jener Axe parallel wird, und durch das Objectiv auf den gegenüber befindlichen an dem Magnetstab *hi* befestigten Spiegel *k* (Fig. XIV und XV) fällt.

20. Apparat zur Declinationsbestimmung.

Nachdem der Theodolit auf einem festen Pfeiler oder Tische aufgestellt, und durch die Libelle *HI* (Fig. XIII) gehörig nivellirt worden ist [1]), wird auf die dem Fernrohre gegenüber-

[1]) Zu diesem Zwecke stellt man das Instrument zuerst so, dass die Richtung der Libelle parallel wird mit einer durch zwei Fussschrauben, z. B. *B* und *C* gelegten Linie, und schraubt diese beiden Schrauben, die eine hebend, die andere senkend so lange, bis die Blase der Libelle in der Mitte steht. Nun dreht man das Instrument um 180^0 um die Axe *AF*, so dass das Ende der Libelle, das früher gegen *B* stand, nun gegen *C* kömmt

stehenden Stützen Y der Declinationsapparat *lm* (Fig. XIV und XV) aufgesetzt, welcher aus drei von einander trennbaren Theilen zusammengesetzt ist, nämlich der Glasröhre *ln*, welche den Faden und die Schlinge *o* enthält, dem Magnetgehäuse *nq* und der Schlussröhre *qm*. In der Fassung der Glasröhre steckt der Fadenhälter *lr*, der, mit einem Schraubengewinde versehen, den Ring *s* hebt und senkt, aber ohne ihn zu drehen, weil er zwei Seitenspangen umfasst, längs denen er auf- und abgleiten muss. An diesem Ringe ist das Zäpfchen mit dem Oehre *r* angebracht, in welches der Faden eingeknüpft wird, der also ebenfalls, ohne sich zu drehen, gehoben und gesenkt werden kann. Will man jedoch den Faden drehen, so braucht man nur die beiden Schrauben *t* und *u* (Fig. XIV) zu lösen, wornach sich mit der über ihnen befindlichen Scheibe der ganze Fadenhälter mit dem Faden drehen lässt. Der Faden ist einfach und trägt die länglichte Messingschlinge *o*, in welche ein rechtwinklicht gebogener Haken eingreift, der die Drehung des Fadens verhindert. Dieser Haken ist an einem federnden Ringe angebracht, welcher bloss durch Reibung in dem unteren Ende der Glasröhre festhält. Er kann daher ebenfalls gedreht werden, so wie es die Richtung der Schlinge erfordert, auf deren Ebene der Haken, wenn der Faden keine Drehung hat, senkrecht stehen soll. Um den Faden von der Drehung zu befreien, hängt man die Glasröhre *lo* ohne Magnetgehäuse so auf, dass sie sich in verticaler Richtung befindet, befestigt sie in dieser Stellung und legt das Torsionsgewicht (Fig. XVI) mit seinem

---

und umgekehrt. Ist in dieser Stellung die Blase nicht in der Mitte, so verbessert man die eine Hälfte des Fehlers mit der einen Fussschraube *B* oder *C*, die andere Hälfte mit der Schraube *H*, welche die Lage der Libelle corrigirt, bis die Blase in der Mitte steht. Durch ein nochmaliges Drehen um 180^0 wird man sich überzeugen, ob der Fehler weggeschafft wurde oder nicht, im letzten Falle fährt man fort, die eine Hälfte an der Fussschraube, die andere an der Libellenschraube zu verbessern. Ist in dieser Richtung wenig oder nichts mehr zu corrigiren, so dreht man das Instrument um 90^0, nämlich so, dass die Richtung der Libelle auf ihre frühere senkrecht wird, und führt die Blase, bloss durch die dritte Fussschraube *A*, ohne die Libellenschraube *H* zu berühren, in die Mitte. Dann wird die Blase sehr nahe in jeder Richtung in der Mitte bleiben, und das Instrument ist nivellirt.

Hacken in die Schlinge o, dass es frei von dem Faden getragen wird. Dieser wird sich nun in seine natürliche, drehungslose Stellung versetzen wollen, davon aber vom Hacken in o gehindert. Man muss also entweder diesen herausnehmen oder so lange drehen, bis die Schlinge mit ihm nicht mehr in Berührung kömmt, sondern er auf ihre Ebene senkrecht ist und bleibt, oder man muss die Schrauben t und u lösen, und den Fadenträger dem Faden nachdrehen, bis diese Bedingung erfüllt ist. Dann ist der Faden im ungedrehten Zustande, und man kann bei der Beobachtung die Correction wegen Torsion vernachlässigen. Jedoch ist es gut, besonders bei neuen Fäden, sich von Zeit zu Zeit durch Widerholung dieser Operation zu überzeugen, dass sich die Drehung nicht geändert habe.

Das Magnetgehäuse nq wird an die untere Messingfassung der Glasröhre angesteckt und durch die Schraube n festgeklemmt. Es enthält, in Glasröhren luftdicht eingeschlossen, welche an das Gehäuse angeschraubt sind, den Magnet hi, von welchem nach oben und nach unten zwei Arme ip und iu' (Fig. XV) ausgehen, die mit Hacken endigen, um ihn mittelst der Schlinge o an den Faden anzuhängen. An dem einen dieser Arme ist in k der Spiegel befestigt, welcher durch das vor ihm befindliche Planglas v das aus dem Fernrohre kommende Licht auffängt und zurückwirft.

Wenn die Schlussröhre qm durch Lösung der Schraube q weggenommen worden ist, so kann man den untern Arm bei u' fassen und den oberen Hacken p in die Schlinge geben, worauf die Schlussröhre wieder angesteckt, mit der Schraube q festgeklemmt, und der ganze Apparat mit den Zapfen ww' auf die Lager YY' gelegt wird. Nun wird der Faden so weit aufgezogen, dass der Magnet, welcher früher auf den Boden der Glasröhren auflag, in deren Mitte zu stehen kömmt. Wenn die Röhre lm eine senkrechte Richtung hätte, und die den Magnet umschliessenden Glasröhren in dem magnetischen Meridian ständen, so würde nun der Magnet sammt dem daran hängenden Spiegel frei schweben, was man aus den ungehinderten Pendelschwingungen des Fadens erkennen kann. Um die verticale Richtung der Röhre lm hervorzubringen, dienen die Schrauben x und z. Die erste presst das untere Ende m der Röhre gegen die ela-

stische Rahme $\beta\beta$ (Fig. XV) und verrückt daher die Röhre in einer senkrecht auf die Richtung der Zapfen ww' gelegten Ebene. Um sie auch in einer durch diese Richtung gehenden Ebene zu verrücken, braucht man nur die Schraube z anzuziehen oder nachzulassen, dadurch hebt oder senkt sich ein in einem Schlitze des Zapfenlagers Y eingesetztes (in den Figuren XIV und XV über Y sichtbares) Plättchen, wodurch der darauf ruhende Zapfen w gleichfalls höher oder tiefer gelegt wird.

Ist es gelungen durch diese Bewegungen die Röhre lm senkrecht zu stellen, so wird zwar der Spiegel frei sein, aber der Magnet wird, so lange die ihn umschliessenden Glasröhren nicht in der Richtung des magnetischen Meridians stehen, die Seiten derselben berühren; durch Drehung des Gestelles $YZY'Z'$ kann jedoch den Röhren leicht diese Richtung gegeben werden, und der Magnet wird dann ebenfalls frei schweben, und nur noch Pendelschwingungen, so wie die gewöhnlichen horizontalen Schwingungen um den Faden als verticale Drehungsaxe machen. Die ersten thun der Genauigkeit der Beobachtungen keinen Eintrag, weil bei denselben die Richtung der Spiegelebene sich immer parallel bleibt, auch nehmen sie schnell ab. Die letzten können auf die gewöhnliche Weise durch ein Stück Eisen oder einen ganz kleinen Magnet, z. B. durch den Schlüssel einer Taschenuhr beruhigt werden [1]).

---

[1]) Bei einem zweiten, für die Bereisung der österreichischen Monarchie bestimmten Theodoliten, ist die Fadenröhre von Messing, und die Hebung des Fadens geschieht durch die Schraube AB (Fig. XVII. a und b), während das Knöpfchen C dient, den Faden zu drehen. Statt des Hackens geht ein Stift durch die Schlinge o, der in der Röhre eingeschraubt ist. Die Röhre ist durch das Gestelle DE, das an der einen Seite ein kreisrundes Loch P zur Durchschicht auf den Spiegel hat, mit der viereckigen Platte FG verbunden, welche durch zwei Schrauben KK' auf dem horizontalen Kreise abc (Fig. XIII) des Theodoliten angeschraubt wird. An der unteren Fläche dieser Platte ist eine Feder HH' angebracht, welche dient, der Fadenröhre die senkrechte Richtung zu geben. Denn da das eine dem Fernrohre zugekehrte Ende H dieser Feder durch den hervorstehenden Kopf der Schraube, mit der sie an die Platte befestigt ist, diese Seite der Platte in demselben Abstande von der Ebene des Horizontalkreises erhält, während die andere Seite durch das gleichmässige Anziehen beider Schrauben KK' dieser Ebene genähert wird, so kann dadurch eine Bewe-

Es kömmt nun darauf an, das Fernrohr so zu stellen, dass seine optische Axe senkrecht auf die Ebene des Spiegels wird. Diess geschieht durch die Schraube *ST*, welche dasselbe auf- und abwärts verrückt. Hat das Fernrohr seine gehörige Stellung, so wirft der Spiegel *k* das durch den Spiegel *R* erlangte Licht wieder in das Fernrohr zurück, und ein Theil desselben dringt durch das Ocular *Q*. Das Auge in *Q* sieht in diesem Falle die in der Platte *fg* eingeschnittene halbkreisförmige Oeffnung, in welcher auch der Faden gespannt ist, als eine helle Scheibe im Gesichtsfelde des Fernrohres, auf deren Mitte sich das Spiegelbild des Fadens befindet, wobei man jedoch wohl darauf zu achten hat, dass, während man das Auge zu dem Oculare in *Q* hält, man nicht den Spiegel *R* etwa mit dem Schirm der Kappe oder durch die vorstehenden Haare verdecke, und das von oben kommende Licht verhindere auf ihn zu fallen. Hat das Fernrohr seine gehörige Stellung, und ist der Magnet ruhig, so wird auch die beleuchtete Scheibe mit dem Fadenbilde im Gesichtsfelde ruhig sein, und man kann, nachdem die Klemmschraube des Horizontalkreises *F* (Fig. XIII) angezogen worden ist, mit der Mikrometerschraube *E* das Fernrohr so bewegen, dass das Fadenbild von dem wirklichen Faden genau gedeckt wird. Ist diess geschehen, so bemerkt man sogleich die Uhrzeit und liest die beiden Nonien des Kreises ab, um die Lage des Fernrohres anzumerken. Gewöhnlich ist aber der Magnet noch nicht so ruhig, dass man sogleich zur Einstellung des Fadens auf sein Spiegelbild schreiten könne, sondern er macht noch grosse horizontale Schwingungen, welche bewirken, dass die beleuchtete Scheibe zu beiden Seiten aus dem Gesichtsfelde heraustritt. Durch Beruhigung mit dem kleinen

---

gung der Röhre gegen das Fernrohr hin oder davon weg hervorgebracht werden, während durch das Anziehen oder Nachlassen einer Schraube allein eine Bewegung in senkrechter Richtung gegen die frühere vor sich geht. Der Magnetstab ist ein doppelter, und hat die Form Fig. XVIII, *S* ist der Spiegel, das Fernrohr steht daher senkrecht auf die magnetische Axe. Beim Umlegen wird der Hacken *M* aus der Schlinge heraus genommen, und der entgegengesetzte *N* eingehängt. Der mit dem Planglase in *P* versehene Deckel *RR'* wird über das Gestell *DE* auf die Platte *FG* aufgesetzt und schützt die Nadel vor Luftströmungen.

Eisen, während man das Auge vor das Ocular hält, kann man die Schwingungen so verkleinern, dass das Spiegelbild im Gesichtsfelde bleibt, und das Fadenbild sich nach links und rechts nur wenig vom Faden entfernt. Wenn diese Entfernungen zu beiden Seiten gleich sind, so ist das Fernrohr auf dem Spiegel senkrecht, und man kann, auch ohne dass der Magnet vollkommen beruhigt ist, die Nonien ablesen.

Da auf den Spiegel *k* auch ausser dem von *R* kommenden Lichte vieles Seitenlicht einfällt, so verhindert diess die Deutlichkeit des Spiegelbildes, und erschwert besonders den Anfängern der Beobachtungen, die überhaupt mancherlei Schwierigkeit mit Geduld zu überwinden haben, selbes zu erkennen, vorzüglich wenn der Magnet noch in Bewegung ist, und das Bild mit grosser Schnelligkeit durch das Gesichtsfeld eilt. Dazu kömmt noch, dass auch das vor dem Spiegel befindliche Planglas *v* ein Spiegelbild, wenn gleich ein viel schwächeres, bildet, das manchen Irrthum hervorbringt, jedoch bei einiger Uebung durch seine Unbeweglichkeit leicht erkannt wird. Das Seitenlicht kann, wenn man es für nöthig hält, durch eine vom Objective *P* bis zum Planglase *v* reichende Röhre von leichter Pappe abgehalten werden.

Hat man den Faden auf sein Spiegelbild eingestellt, und die Nonien abgelesen, so wäre dadurch schon die Richtung des Magnetes, somit die Declination bestimmt, wenn die Ebene des Spiegels senkrecht wäre auf die magnetische Axe des Stabes. Um sich von dieser Bedingung unabhängig zu machen, legt man dem Magnet sammt dem Gehäuse um. Nachdem man ihn zu diesem Zwecke mit der Schraube *l* so weit herabgesenkt hat, dass er auf den Glasröhren aufliegt, löst man zuerst die Schraube *x*, und nimmt den ganzen Apparat aus seinen Lagern, ihn immer in senkrechter Richtung haltend, weil sonst die lange Glasröhre leicht bricht, löst die Schraube *q* und entfernt die Schlussröhre *qm*. Nun ergreift man den untern Haken *u'* und hebt den oberen *p* aus der Schlinge, worauf man durch Lösung der Schraube *n* die Glasröhre aus dem Magnetgehäuse herausziehen, dieses umwenden, so dass *q* nach oben zu stehen kommt, und die Glasröhre bei *q* wieder hineinstecken kann. Das weitere Verfahren ist nun wie früher, bis man auch mit dem so umge-

legten Magneten den Faden des Fernrohres zur Deckung mit seinem Spiegelbilde gebracht, und nach Anmerkung der Zeit die Nonien des Kreises abgelesen hat. Das Mittel beider Ablesungen gibt die der magnetischen Axe des Stabes parallele Richtung des Fernrohres an. Zur grössern Sicherheit kann man den Magnet nach einander zweimal umlegen, und das Mittel aus allen Ablesungen nehmen. Hat man diese Messung beendet, so nimmt man den Declinationsapparat *lm* weg, stellt das Fernrohr durch Drehung des Gestelles $YZZ'Y'$ auf die Mire ein, und liest die Nonien des Kreises wieder ab. Es ist gut, die Einstellung auf die Mire zweimal, einmal vor, das andere Mal nach der Aufstellung des Declinationsapparates vorzunehmen, um sich zu überzeugen, dass sich der Theodolit während den Messungen nicht verrückt habe.

Beispiele der Declinationsbestimmung.

I. Am 13. Juli 1849 wurde in Prag mit einem Reisemagnetometer folgende Declinationsbestimmung gemacht.

21. Die Entfernung des Spiegels von der Scala wurde gefunden = 1471 Millimeter, daher der Werth eines Scalentheiles $= \frac{206264.8}{2942} = 70''.112$, *log.* $W = 1.84579$.

22. Um die Torsion des Fadens klein zu machen, wurde abwechselnd der Torsions- und der Magnetstab angehängt, und der Faden so gedreht, dass beide nahe denselben Scalentheil zeigten. Hierauf wurden die Schwingungsgrenzen (Elongationen), d. h. die grössten und kleinsten Zahlen beobachtet, welche von dem Spiegel des schwingenden Torsionsstabes unter den Verticalfaden des Fernrohres kamen. Diese Beobachtung wurde mehrmals wiederholt, zuerst mit dem ungedrehten Faden, dann nachdem man den Faden um 360° in der einen Richtung gedreht hatte, sodann bei einer Drehung des Fadens um 360° in der entgegengesetzten Richtung u. s. f. Es wurden folgende grösste und kleinste Scalentheile angemerkt:

Ohne Drehung	Drehung $+360^0$	Drehung -360^0	Drehung $+360^0$	Drehung -360^0	Ohne Drehung
349.0	643.8	300.2	700.8	452.2	410.8
566.2	540.0	344.4	488.8	187.0	514.0
352.7	642.0	302.0	696.7	449.2	412.7
561.8	539.7	343.0	491.0	190.7	512.2
356.0	639.3	301.7	692.3	445.3	415.2

Die Mittel je zwei aufeinanderfolgender Zahlen derselben Spalte dieser Tafel geben den Ruhestand des Stabes, d. h. jenen Scalentheil, welcher unter dem Faden erschienen wäre, wenn der Stab keine Schwingungen gemacht hätte. Diese Stände sind aus folgender Tafel ersichtlich:

Ohne Drehung	Drehung $+360^0$	Drehung -360^0	Drehung $+360^0$	Drehung -360^0	Ohne Drehung
457.60	591.90	322.30	594.80	319.10	462.40
458.45	591.00	323.20	592.75	318.60	463.35
457.25	590.85	322.50	593.85	319.95	462.45
458.90	589.50	322.35	591.65	318.00	463.70
458.05	590.81	322.59	593.26	318.91	462.98
		Mittel			

Wenn man nun die Mittel dieser Zahlen unter einander setzt, und ihre Unterschiede bildet, so ist jener zwischen dem ersten und zweiten Mittel, so wie jener zwischen dem fünften und sechsten die an dem Torsionsstabe hervorgebrachte Wirkung einer Drehung des Fadens um 360°, die Unterschiede zwischen dem 2. und 3., dem 3. und 4., dem 4. und 5. Mittel sind aber die Wirkung einer Drehung von zweimal 360°, welche Unterschiede daher, um gleichfalls den Erfolg einer Drehung von 360° darzustellen, halbirt werden müssen. Die folgende Tafel enthält diese Ergebnisse.

Mittel	Unterschied	Ablenkung für d. Drehung von 360^0
458.05		
590.81	132.76	132.76
322.59	266.22	133.11
593.26	270.67	135.33
318.91	274.35	137.35
462.98	134.07	134.07
	Mittel	$134.52 = N$

Ohne Zweifel würden die Zahlen der letzten Spalte dieser Tafel eine noch grössere Uebereinstimmung gewähren, wenn gleichzeitig auch Ablesungen am Variations-Apparate gemacht worden wären, denn ihre Verschiedenheit rührt zum Theile von

den Aenderungen der Declination während der Dauer der Beobachtungen, zum Theile wohl auch von Aenderungen der Drehkraft des Fadens, welche in der Zwischenzeit vorgegangen sein mögen, endlich auch von Störungen durch die Luftströmung und anderen Fehlerquellen her. Jedoch haben bei dieser Bestimmung Fehler von so geringem Betrage einen nur unmerklichen Einfluss.

Derselbe Versuch, mit dem Magnetstabe ausgeführt, gab folgende Zahlen:

Schwingungsgrenzen.

Ohne Drehung	Drehung $+ 360^0$	Drehung $- 360^0$	Drehung $+ 360^0$	Ohne Drehung
476.8	499.0	414.2	472.8	468.3
477.8	536.3	455.3	562.4	484.0
477.0	502.0	417.5	479.2	469.7
477.4	433.8	453.0	555.8	483.0
476.4	504.0	420.6	484.8	471.0

Stand des Stabes.

Ohne Drehung	Drehung $+ 360^0$	Drehung $- 360^0$	Drehung $+ 360^0$	Ohne Drehung
477.30	517.65	434.75	517.60	476.15
477.40	519.15	436.40	520.80	476.85
477.20	517.90	435.25	517.50	476.35
476.90	518.90	436.80	520.30	477.00
477.20	518.40	435.80	519.05	476.59
		Mittel.		

Hieraus ergeben sich folgende Zahlen:

Mittel	Unterschied	Ablenkung für d. Drehung von 360^0
477.20		
518.40	41.20	41.20
435.80	82.60	41.30
519.05	83.25	41.62
476.59	42.46	42.46
	Mittel . .	41.64=n

Man ist nun im Stande, den Torsions-Coëfficienten nach der in 8 angegebenen Formel

$$x = \frac{n}{N - n}$$

zu berechnen. Man findet $N - n = 134.52 - 41.64 = 92.88$,

$$\text{und } x = \frac{41.64}{92.88} = 0.4483 \text{ , } log\ x = 9.65159.$$

23. Zur Declinationsbestimmung ist es auch nöthig, den Spiegelfehler der beiden Magnetstäbe zu kennen. Für den Torsionsstab, an dessen Spiegel die eine Seite mit *A* bezeichnet werden soll, wurden zu diesem Zwecke durch Umlegen des Stabes folgende Zahlen gefunden:

A unten		*A* oben		*A* unten		*A* oben	
Schwingungs-grenzen	Stand	Schwingungs-grenzen	Stand	Schwingungs-grenzen	Stand	Schwingungs-grenzen	Stand
445.8	. . .	474.0	. . .	391.2	. . .	434.6	. . .
473.2	459.50	371.0	422.50	523.5	457.35	413.0	423.80
446.3	459.75	471.8	421.40	392.2	457.85	434.4	3.70
471.7	459.00	373.0	422.40	521.6	456.90	413.1	3.75
446.4	459.05	468.4	420.70	393.0	457.30	434.0	3.55
Mittel	459.32		421.75		457.35		423.70

Man findet aus diesen Zahlen

im Mittel aus beiden Bestimmungen bei *A* unten = 458.33,

„ „ „ „ „ „ *A* oben = 422.73;

Doppelter Spiegelfehler = 35.60,

Einfacher „ = 17.80.

Es sind demnach die für den Stand des Stabes bei *A* unten gefundenen Zahlen um 17.80 Scalentheile zu verkleinern, die bei *A* oben gefundenen um eben so viel zu vergrössern.

Beim Declinationsstabe wurde der Spiegelfehler dadurch weggebracht, dass man seinen Stand in beiden Lagen aufzeichnete, und daraus das Mittel nahm. Bezeichnet nämlich *N* die eine Spiegelseite, so fand man

N unten		*N* oben		*N* unten		*N* oben	
Schwingungsgrenzen	Stand	Schwingungsgrenzen	Stand	Schwingungsgrenzen	Stand	Schwingungsgrenzen	Stand
477.7	. . .	454.8	. . .	480.7	. . .	425.0	. . .
452.0	464.85	465.0	459.90	447.0	463.85	491.0	458.00
475.5	463.75	455.2	460.10	478.3	2.65	430.0	60.50
453.2	464.35	464.2	459.70	449.3	3.80	486.3	58.15
473.8	463.50	456.2	460.20	476.5	2.90	434.6	60.45
Mittel	464.11		459.98		463.30		459.28

24. Bei der dritten Beobachtung einer jeden Reihe wurde die Zeit des Chronometers angemerkt, welche mit dem bekannten Fehler der Uhr in mittlere Pragerzeit verwandelt wurde. Diese Zeiten dienten dazu, um aus den fortgesetzten Ablesungen am Variations-Apparate der Sternwarte die in der Zwischenzeit eingetretenen Aenderungen der Declination zu erkennen. Die folgende Tafel gibt diese Uhrzeiten, den Uhrfehler, die mittleren Zeiten und den gleichzeitigen Stand des Magnetstabes am Variations-Apparate in dessen Scalentheilen ausgedrückt.

Uhrzeit	Uhrfehler	Mittlere Prager Zeit	Variations-Apparat.
23^h 57′ 53″	+ 3′ 40″	0^h 1′ 33″	111.00
0 0 58	3 40	4 38	110.80
0 6 7	3 40	9 47	110.58
0 9 12	3 40	12 52	111.05

Die Zahlen der letzten Spalte zeigen, dass die Declinations-Aenderungen während dieser Bestimmung sehr gering waren, wie sich wohl erwarten liess, da sie zu einer Zeit, nämlich am Mittage ausgeführt wurde, wo die Declination ihrem täglichen Maximum schon nahe ist. Bei der grossen Entfernung zwischen beiden Apparaten, und den ganz verschiedenen Umständen, unter denen sie gebraucht und behandelt werden, lässt sich kaum annehmen, dass diese kleinen Aenderungen sich gleichmässig an bei-

den darstellten, und man würde vielleicht der Wahrheit eben so nahe kommen, wenn man sie ausser Acht lassen wollte. Um indessen das Beispiel mit jener Schärfe durchzuführen, welche die vorhandenen Beobachtungsmittel gestatten, soll ihre Anwendung gezeigt werden. Hierzu müssen sie zuerst auf den Werth eines Scalentheiles am Magnetometer zurückgeführt werden. Da dieser Werth für den Variations-Apparat $W = 29''.026$, für das Magnetometer aber $W' = 70''.112$ ist, so sind diese Aenderungen, bevor man sie an die Magnetometer-Beobachtungen anbringt, mit $\frac{29.026}{70.112} = 0{,}414$ zu multipliziren. Will man alle Ablesungen auf die erste Beobachtungszeit $0^h\ 1'.5$ zurückführen, so werden die Correctionen

$$(-0.20)\,(0.414) = -0.08$$
$$(-0.42)\,(0.414) = -0.17$$
$$(+0.05)\,(0.414) = +0.02$$

Hinsichtlich der Zeichen muss bemerkt werden, dass am Variations-Apparate die Zahlen bei wachsender Declination abnehmen, am Magnetometer zunehmen, dass also die Declination zur Zeit der zweiten Beobachtung grösser war, als bei den ersten, daher von ihr die Correction abgezogen werden muss u. s. f.

Es sind demnach die Mittel des Standes des Magnetstabes aus den vier Beobachtungsreihen auf die Zeit der ersten Reihe reducirt, folgende:

Mittel	Reduction	Reducirtes Mittel
464.11		464.11
459.98	— 0.08	459.90
463.30	— 0.17	463.13
459.28	+ 0.02	459.30
	Durchschn.	461.61 = D

25. Um nun auch die Correction wegen der Drehkraft des Fadens anbringen zu können, wurde vor und nach dieser Beobachtung der Torsionsstab eingehängt, und gab folgende Zahlen an:

Vorher		Nachher	
Schwingungs-Grenzen	Stand	Schwingungs-Grenzen	Stand
391.2		413.3	
523.5	457.35	511.0	462.15
392.2	457.85	414.5	462.75
521.6	456.90	509.0	461.75
393.0	457.30	416.2	462.60
Mittel	457.35		462.31

Es ist daher der Stand anzunehmen $=459.83'$, und da in beiden Bestimmungen der Stab dieselbe Lage, nämlich *A* unten hatte, so ist (nach 23) diese Zahl um 17.80 Scalentheile zu verkleinern, wodurch sie wird

$$T = 442.03$$

Es war aber . . . $D = 461.61$

$$D - T = + 19.58$$

und die Correction wegen der Drehkraft des Fadens wird (nach 8)

$$x(D - T)$$

wo (nach 22) . . . . . $x = 0.4483$,

sonach wird die Torsions-Correction

$$= (0.4483)\,(19.58) = + 8.78$$

und der corrigirte Stand des Declinationsstabes

$$461.61 + 8.78 = 470.39.$$

26. Um den Winkel δ (nach 6 und 9) zu bestimmen, welchen die optische Axe des Fernrohres mit der magnetischen Axe des Stabes machte, wurde an dem Objective ein durch dessen Mitte gehender Senkel angebracht, welcher die Scale bei der Theilung 500.00 traf, so dass

$$500.00 - 470.39 = 29.61$$

der in Scalentheilen gemessene Abstand der beiden Axen war. Da nach 21 der Werth eines Scalentheiles $70''.112$ ist, so geben 29.61 Scalentheile den Bogen

$$(29.61)\,(70''.112) = 34'\ 36'' = \delta.$$

27. Um auch die beiden andern Winkel α und β (nach 9) zu finden, wurde früher durch Sonnenbeobachtungen die Lage eines festen und entfernten Punctes M im Horizonte ermittelt, und sein Winkelabstand von der durch die Mitte C (Fig. I) des Fernrohrs gelegten Mittagslinie, also der Winkel $s\,CM$ (sein östliches Azimut) zu

$$51^\circ\ 34'\ 25''$$

bestimmt, woraus sich der Winkel

$$nCM = \alpha = 180^\circ - (51^\circ\ 34'\ 25'') = 128^\circ\ 25'\ 35''$$

ergibt. Der Winkel $\beta = SCM$ aber wurde gefunden, indem die Nonien des Horizontalkreises des Theodoliten abgelesen wurden, sowohl wenn das Fernrohr auf den Spiegel nach S eingestellt war, als auch nachdem man den Punct M unter das Fadenkreuz gebracht hatte. Der Theodolit gab

bei der ersten Einstellung .	313°	55′	30″
bei der zweiten „ .	170	5	30
Daraus folgt . . . . . β=	143	50	0
	α=128	25	35
	γ= 15	24	25

28. Es frägt sich nun, mit welchem Zeichen der Winkel δ anzubringen sei. Diess hängt offenbar von der Aufstellung des Apparates ab, nämlich ob das Fernrohr und die Scala südlich oder nördlich von dem Magnetstabe steht, und ob die Zahlen der Scala nach Osten oder nach Westen hin wachsen. Bei der hier als Beispiel gewählten Beobachtung war die Aufstellung des Apparates, so wie sie Fig. I zeigt, nur mit dem Unterschiede, dass das Fernrohr östlich vom magnetischen Meridiane Sp, also zwischen p und B aufgestellt war. Diess gibt, wie man aus Fig. II sieht,

$$Sdn = SCn - mSp$$
$$\text{oder } D = \gamma - \delta.$$

Daher wird die Declination

$$D = 15^{\circ}\ 24'\ 25'' - 34'\ 36'' = 14^{\circ}\ 49'\ 49''$$

II. Am 2. Mai 1849 wurde in Prag die Declination mit einem magnetischen Theodoliten von Lamont bestimmt, dessen Beschreibung in 19 und 20, dessen Abbildung in Fig. XII bis XXI gegeben ist.

29. Da bei diesem Instrumente die optische Axe des Fernrohres immer mit der magnetischen Axe des Stabes zusammenfällt, so ist $\delta = 0$, und die Declination

$$D = \gamma = \beta - \alpha \text{ (nach 9).}$$

Bei diesem Apparate ist kein Torsionsstab vorhanden, um die Drehung des Fadens zu messen, sondern nur ein Torsionsgewicht, durch welches man, wenn es eingehängt wird, diese Drehkraft möglichst vermindert; und da der Magnetstab klein, nämlich nur $2^1/_2$ Zoll lang, 2 Linien breit und 1 Linie dick und an einem mehr als zwei Fuss langem einfachen Seidenfaden aufgehängt ist, so ist seine übrigbleibende Drehkraft so klein, dass man sie vernachlässigen kann. Dadurch wird die Declinationsbestimmung sehr vereinfacht, wie man aus dem folgenden Beispiele ersehen wird.

30. Der Magnetstab wurde zuerst so eingehängt, dass der Spiegel über ihn war, und dann gab, wenn der Faden und das Spiegelbild desselben (nach 20) zusammenfielen, der Kreis des Theodoliten die Ablesung

$$346^{\circ}\ 52'.25.$$

Würde nun der Stab in verkehrter Lage, nämlich so eingehängt, dass sich der Spiegel unter ihm befand, und der Faden wieder auf sein Spiegelbild eingestellt, so war die Ablesung

$$346^{\circ}\ 2'.0.$$

Eine wiederholte Ablesung bei der ersten Lage gab	346°	52'.25
und bei der zweiten Lage	346	2.25
Man hat daher im Mittel bei der ersten Lage .	346°	52'.25
„ „ zweiten „ .	346	2.12
Es lag demnach die Theilung des Kreises . . .	346	27.18

in der Richtung der magnetischen Axe des Stabes.

Vor dieser Beobachtung und nach derselben wurde das Fernrohr auf die Mire (*M*) eingestellt und jedesmal die Kreistheilung

$$203^0\ 13'.50$$

abgelesen. Eine solche wiederholte Einstellung auf die Mire zu Anfang und zu Ende der Beobachtung ist räthlich, weil man sich durch die Uebereinstimmung beider Lesungen überzeugt, dass das Instrument sich in der Zwischenzeit nicht verrückt hat. Man hat daher den Winkel

$$\beta = 346^\circ\ 27'.18 - 203^\circ\ 13'.50 = 143^\circ\ 13'.68$$

und wie früher $\alpha =$ . . . . . $128\ 25.58$

daher die Declination . $= 14^\circ\ 48'.10$

welche Bestimmung zur mittleren Pragerzeit $0^h\ 12'$ ausgeführt wurde.

III. Ein zweiter Theodolit von Lamont, welcher zur Bereisung der österreichischen Monarchie angeschafft wurde, hat in manchen Theilen eine etwas verschiedene Einrichtung, welche bereits in 20 besprochen worden ist.

31. Da die Magnetstäbe schwerer, daher auch an einem stärkeren (doppelten) Faden aufgehängt sind, so darf die Drehkraft desselben nicht mehr vernachlässigt werden, sondern ist nach dem früher (in 8) angegebenen Verfahren zu untersuchen. Am 22. Juni 1849 wurde mit diesem Instrumente folgende Torsionsbestimmung ausgeführt, während welcher am Variations-Apparate gleichzeitig die Aenderung der Declination beobachtet wurde.

Magnetstab.			Torsionsstab.		
Drehung	Ablesungen		Drehung	Ablesungen	
	am Theodoliten	am Variations-Apparate		am Theodoliten	am Variations-Apparate
$+360^0$	$101^0\ 34'.0$	131.85	0^0	$97^0\ 35'.5$	129.03
-360	101 18.5	131.50	$+360$	106 53.5	128.62
$+360$	101 35.5	131.21	-360	87 34.25	127.58
-360	101 17.5	131.06	$+360$	107 11.25	125.70
0	101 26.5	130.90	-360	87 43.8	125.70

Will man mittelst der Beobachtungen am Variations-Apparate alle Ablesungen für den Magnetstab auf die Zeit der letzten zurückführen, so sind nach der dritten Spalte der letzten Tafel die Declinationsänderungen in Scalentheilen

0.95 , 0.60 , 0.31 , 0.16

oder, da ein Scalentheil $= 29''.026 = 0'.484$ gleich ist,

in Minuten . . 0'.46 , 0'.29 , 0'.14 , 0'.08

und da die Zahlen am Variations-Apparate kleiner werden, so hat die Declination zugenommen.

Eben so sind sie für den Torsionsstab

in Scalentheilen 3.33 , 2.92 , 1.88 , 0.00
oder in Minuten 1'.61 , 1'.41 , 0.91 , 0.00

Es sind demnach die corrigirten Stände der Stäbe folgende:

Magnetstab.			Torsionsstab.		
Drehung	Stand	Differenz	Drehung	Stand	Differenz
+360°	101° 34'.46	15'.67	0°	97° 37'.11	9° 17'.80
−360	101 18.79	16.85	+360	106 54.91	19 19.75
+360	101 35.64	18.06	−360	87 35.16	19 36.09
−360	101 17.58	8.92	+360	107 11.25	19 27.45
0	101 26.50		−360	87 43.80	

Es sind daher die Aenderungen im Stande der Stäbe für eine Drehung von 360°

für den Magnetstab,	für den Torsionsstab.
7'.84	9° 17'.80
8.43	9 39.88
9.03	9 48.04
8.92	9 43.72
$n = 8.55$	$N = 9$ 37.36

also $$N - n = 9^{\circ}\ 28'.81 = 9^{\circ}.48.$$

Es wird demnach der Torsions-Coëfficient

$$x = \frac{8.55}{9.48} = 0.902$$

mit welchem der in Graden ausgedrückte Unterschied zwischen dem Stande des Magnet- und des Torsionsstabes zu multipliciren ist, um die Torsions-Correction in Minuten zu erhalten.

32. Der Magnetstab wurde wie im vorigen Beispiele zweimal in jeder Lage eingehängt und gab folgende Ablesungen, denen auch die mittleren Zeiten und die Aufzeichnungen am Variations-Apparate, sowie die Ablesungen des Kreises, wenn das Fernrohr auf die Mire eingestellt war, beigesetzt sind.

Mittlere Prager Zeit	Lage des Stabes	Ablesung.	Variations-Apparat	Mire
0h 5′	1. Lage	191° 34.′25	117.58	138° 30′.25
0 8	2. „	191 42.00	116.28	
0 11	1. „	191 35.00	115.98	
0 15	2. „	191 42.00	116.27	138 30.00

Führt man die Beobachtungen auf die letzte Ablesung zurück, so sind an die vorhergehenden drei nach der Ordnung folgende Verbesserungen anzubringen: In Scalentheilen des Variations-Apparates . . . . . +1.31 , +0.01 , —0.29
oder in Minuten . . . . . +0.63 , 0.00 , —0.14

Es werden daher diese Ablesungen

	191°	34′.88
	191	42.00
	191	34.86
	191	42.00
Mittel	191	38.44

Da aber bei diesem Apparate der Spiegel nicht wie bei den beiden vorigen senkrecht auf die Längenaxe des Magnetstabes, sondern mit ihr parallel angebracht ist, daher das Fernrohr senkrecht auf diese Längenaxe steht, so ist die in der Richtung des magnetischen Meridians liegende Kreistheilung

$$90° + 191° \; 38'.44 = 281° \; 38'.44 = D$$

welche Zahl noch durch die Torsion zu corrigiren ist.

33. Um diese Correction anzubringen wurde der Torsionsstab eingehängt, und nach der Einstellung die Theilung des Kreises

$90° + 189° 40'5$ abgelesen auch wurde

gefunden der Spiegelfehler $-\quad 52.4$

somit T . . . . . $= 278\ 48.1$

$= 278°.80$. Es war aber

D . . . . . $= 281.64$

$D - T = + 2.84$; und da nach 31

$x = 0.902$ ist, so wird die gesuchte

Correction . . $x(D - T) = + 2'.56$.

Hiemit wird die Lage des magnetischen Meridians

	281°	41'.00
die Einstellung auf die Mire gab	138	30.12
Demnach ist . . . . . β =	143	10.88
und wie früher . . . . . α =	128	25.58
Daher die Declination . . . =	14	45.30

am 22. Juni 1849 um 0^h 15′ mittlere Zeit.

II. Horizontale Intensität.

34. Allgemeines Verfahren zur Auffindung der horizontalen Intensität.

Da noch kein Apparat ersonnen worden ist, mittelst welchem man die Intensität der magnetischen Erdkraft unmittelbar mit hinreichender Schärfe und Sicherheit messen könnte, so muss man diesen Zweck durch einen Umweg zu erreichen suchen. Man bestimmt nämlich entweder die Grösse der beiden Componenten, der verticalen und horizontalen, deren Verhältniss den Winkel gibt, welchen die Richtung der Kraft mit dem Horizonte macht, oder, was mehr gebräuchlich ist, man sucht nur die Grösse der horizontalen Componente, und die Inclination, d. i. den Winkel, den die Richtung der Kraft mit dem Horizonte macht, so gibt die Division der für die Horizontalkraft gefundenen Zahl durch den Cosinus der Inclination die Grösse oder Intensität der Gesammtkraft.

Zur Auffindung der Intensität der horizontalen Componente oder wie man kürzer zu sagen pflegt, der horizontalen Intensität dient das Magnetometer von Gauss, und der magnetische Theodolit von Lamont, wenn man an beide die für diesen Zweck

erforderlichen Vorrichtungen anbringt. Es erfordert nämlich diese Bestimmung zwei Messungen verschiedener Art, weil die Wirkung der erdmagnetischen Kraft auf einen Magnetstab von zwei Ursachen abhängt, von dem Magnetismus der Erde und von dem Magnetismus des Stabes. Will man also jenen Theil der Wirkung erforschen, der unabhängig vom Stabmagnetismus, bloss in der erdmagnetischen Kraft seinen Grund hat, und als reiner Ausdruck dieser Kraft anzusehen ist, so muss man den anderen aus dem Stabmagnetismus fliessenden Theil davon trennen. Diess geschieht, wie gesagt, durch zwei Messungen, von denen die eine den Winkel kennen lehrt, um welchen ein Magnetstab *A* von einer genau bestimmten Entfernung aus einen in horizontaler Richtung frei schwebenden Stab B von seiner natürlichen, d. i. von der magnetischen Erdkraft ihm angewiesenen Lage ablenkt, die zweite aber die Zeit angibt, welche derselbe Magnetstab *A*, wenn er an die Stelle von *B* gebracht wird, braucht, um eine unendlich kleine Horizontalschwingung zu vollenden, vorausgesetzt, dass er sie nur unter den Einfluss der magnetischen Erdkraft vollbringt. Aus der ersten Messung ergibt sich das Verhältniss des Erdmagnetismus *T* zum Stabmagnetismus *M*, also der Quotient $\frac{M}{T}$. Aus der zweiten Messung aber das Product dieser beiden Grössen oder *MT*, so dass aus diesen beiden Ergebnissen die Grösse *T* unabhängig von *M* leicht gefunden werden kann.

Es würde zu weit führen, wenn man hier die Herleitung der erwähnten Grössen aus den vollbrachten Messungen auf dem Wege der Theorie geben wollte; jene welche sie genauer zu kennen wünschen, finden sie in

Gauss: Intensitus vis magneticae ad mensuram absolutam revocata.

Lamont: Bestimmung der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus nach absolutem Maasse.

Lamont: Handbuch des Erdmagnetismus. Berlin 1849.

Hier handelt es sich nur darum, die Vorschriften kennen zu lernen, nach welchen die zur Erreichung des vorgesetzten Zweckes erforderlichen Operationen mit grösster Sicherheit und geringstem Zeitaufwande ausgeführt werden sollen. Da das Ver-

fahren, wenngleich seiner Wesenheit nach dasselbe, doch in einigen Einzelnheiten verschieden ist, jenachdem man sich der Apparate von Gauss oder von Lamont bedient, so soll hier jedes derselben für sich besprochen werden.

35. Magnetometer.

Bei dem Magnetometer von Gauss muss die Schwingungsdauer des Magnetstabes *A* zweimal bestimmt werden, das eine Mal, wenn er frei, das andere Mal, wenn er unter Belastung schwingt. Die Belastung wird angebracht mittelst der hölzernen Querstange *FE* (Fig. VIII), die unter dem Torsionskreise auf die Mitte des Stabes aufgelegt wird, und mit scharfen Spitzen *G*, *G* versehen ist, welche in verschiedenen Entfernungen von dem Stabe in die an der Querstange eingeschnittenen Vertiefungen eingesetzt werden. Die Entfernung der Spitzen von der Mitte muss möglichst genau gemessen sein. Auf diese Spitzen werden, wie die Figur zeigt, die genau abgewogenen Gewichte *H* gestellt, und die Schwingungsdauer des so belasteten Stabes wieder untersucht. Diese Untersuchung dient, das Trägheitsmoment des Stabes sammt Zubehör, nämlich Schiffchen und Spiegel, von welchem die Schwingungsdauer abhängig ist, zu ermitteln, und um diess mit grösserer Schärfe thun zu können, kann man die Gewichte an mehr als zwei Paar Punkten anhängen, für jedes derselben die Schwingungsdauer suchen, und daraus das wahrscheinlichste Resultat berechnen.

Hat man diese vorläufigen Bestimmungen, nämlich das Abwägen der Gewichte, das Abmessen der Entfernung der Spitzen, so wie jener der Scale von dem Spiegel (nach 7) mit gehöriger Schärfe vollbracht, so kann man zur Feststellung der Punkte schreiten, in welchen der Stab *A* aufzulegen ist, und von wo aus er die Ablenkung des Stabes *B* hervorbringen soll.

Der Magnetstab *A* muss in derselben Horizontalebene liegen, in welcher *B* seine Schwingungen vollbringt, daher muss die Höhe dieser Punkte demgemäss bestimmt werden. Er muss ferner gegen den Meridian in eine bestimmte Lage gebracht werden, entweder so dass seine Mitte in diesem Meridiane selbst oder in einer darauf senkrechten und durch die Mitte des Stabes *B* gehende Linie liegt. Seine Längenaxe muss jedenfalls

auf dem magnetischen Meridian senkrecht sein. Die zweite Lage ist vortheilhafter, weil in dieser Lage die Ablenkung grösser wird als die bei derselben Entfernung beider Stäbe in irgend einer anderen Lage hervorgebrachte. Sollten aber örtliche Verhältnisse diese Lage des Ablenkungsstabes nicht gestatten, so muss man die erste wählen. Es ist gut, auf dem Boden des Beobachtungssaales den magnetischen Meridian zu verzeichnen, und durch den Punkt desselben, welcher senkrecht unter der Aufhängung des Stabes *B* liegt, eine lothrechte Linie darauf zu ziehen. Diese Linie wird die Punkte enthalten, über welchen in senkrechter Richtung die Mitte des Ablenkungsstabes *A* zu liegen hat, wenn die vortheilhafteste Lage desselben gewählt worden ist. Die Flächen, welche dem Stabe als Unterlagen dienen, können entweder auf festen Pfeilern oder nur auf zeitweiligen Stützpunkten angebracht werden. Im ersten Falle müssen sie die nöthige Ausdehnung haben, damit die mit den Jahren fortschreitende Verrückung des magnetischen Meridians gehörig berücksichtigt werden könne. Gibt man ihnen z. B. die in Fig. XXII. angedeutete Form, wo *B* der Aufhängepunkt des im Kasten *CDE* befindlichen Stabes *B* des Magnetometers bedeutet, und *FG*, *HI*, *H'I'* die Flächen sind, auf welche der Ablenkungsstab zu liegen kömmt, so kann man die durch die Mitte dieser Flächen gezogenen Kreisbögen *FG*, *HI* . . ., deren Mittelpunkt *B* ist, mit einer Theilung versehen, welche der Scala entspricht, so dass, wenn man einmal den Punkt der Scala gefunden hat, welcher im magnetischen Meridiane liegt, dadurch auch auf *FG* und *HI* die Punkte gegeben sind, welche in der durch *B* gehenden Senkrechten *BL* liegen.

Ueber diese Punkte legt man die Stangen *KL* und *K'L'*, welche in *M* und *N*, *M'* und *N'* Löcher haben, deren schiefe Ränder mit Theilungen versehen sind, mittelst welcher man ihnen die genaue Lage sowohl in der Richtung von Süd nach Nord, als von Ost nach West geben kann. Ist diess geschehen, so werden sie mit Schrauben in *P*, *Q*, *R*, *S*, und *P'*, *Q'*, *R'*, *S'*, die in länglichte Löcher eingreifen, befestigt, damit sie sich während des Versuches nicht verrücken. Die Stangen sind mit einer ihrer Länge nach eingeschnittenen Rinne von der Br inneliegenden Stabes *TU* zu versehen, deren Rän-

der ebenfalls mit Theilungen bezeichnet werden, um den Stab in die genaue Entfernung von *B* zu legen, welche Theilungen ihren Nullpunct in *B* haben. Nach der Aufstellung der Stangen wird man zuerst einen vorläufigen Versuch machen, um zu sehen, zu welcher Theilung die Endpunkte des Stabes gelegt werden müssen, um dieselbe Ablenkung in *B* hervorzubringen, er mag östlich oder westlich von *B* liegen. Diese Bedingung, welche bis auf wenige Scalentheile genau erfüllt werden muss, erfordert für jeden Stab, selbst wenn ihre Dimensionen gleich, und sie in dieselbe Entfernung von *B* zu legen sind, eine eigene Untersuchung, weil die magnetischen Pole verschiedener Stäbe gegen ihren Mittelpunkt und ihre Längenaxe nicht dieselbe relative Lage haben, und die Ablenkung von der Lage der magnetischen Axe und ihrer Pole abhängt.

Die Pfeiler *FG*, *HI*, *F'G'* und *H'I'* können sich auch ausserhalb des magnetischen Observatoriums befinden, jedoch ist es gut, wenn dasselbe zwischen ihnen und dem Magnetometer in *B* Fenster- oder Thüröffnungen hat, um bequem zu ihnen zu gelangen und die nöthigen Messungen zu veranstalten.

In Göttingen, wo die Oertlichkeit eine Aufstellung der Pfeiler in der auf den Meridian senkrechten Richtung nicht gestattet, werden Messstangen parallel mit dem Meridian gelegt, wie sie in Tafel I und II dargestellt sind, welche eine senkrecht darauf gestellte Querstange mit einem Kästchen tragen, in welches der Ablenkungsstab eingelegt wird. Die Messstangen sind getheilt, und die Querstange wird mit dem senkrecht auf den Meridian gerichteten Magnetstabe auf diejenige Theilung gestellt, die der bestimmten Entfernung zwischen beiden Stäben entspricht.

36. Torsion.

Um die Torsion des Fadens in Rechnung zu bringen, muss man das Verhältniss der Drehkraft des Fadens zur Magnetkraft des daran hängenden Stabes kennen. Wurde der Faden durch das Torsionsgewicht in jene Lage gebracht, wo er nur eine sehr geringe Drehung hat, wurde er dann um den Winkel *v* gedreht, und brachte diese Drehung die Ablenkung des Magnetstabes *u* hervor, so ist nach *Intens. vis magnet.* §. 8.

$$\frac{v}{u} = \frac{TM}{\theta} + 1, \quad \text{oder} \quad \frac{TM}{\theta} = \frac{v-u}{u},$$

wo T die magnetische Kraft der Erde, M jene des Stabes, und θ $(v\text{-}u)$ das Moment der Drehkraft des Fadens ist. Hat man z. B. für die Drehung $v = 60°$ die Ablenkung $u = 4'\ 4.''7$ gefunden, so wird

$$\frac{v}{u} = \frac{216000}{244,7} = 882,7,$$

folglich

$$\frac{TM}{\theta} = 881,7 = n.$$

Hat man auch diese Bestimmung durchgeführt, und zwar sowohl für den unbelasteten Stab A als für den mit Gewichten belasteten, so hänge man in seiner Nähe ein Thermometer auf, an welchem während der Operationen die Temperatur von Zeit zu Zeit abgelesen wird, und man kann nun zu den Versuchen selbst schreiten.

37. Ablenkungen.

Will man mit den Ablenkungen beginnen, die nach Gauss's Methode wenigstens für zwei Entfernungen beider Stäbe A und B zu untersuchen sind, so kömmt es zunächst darauf an, in welche Entfernung A von B zu legen ist, damit einerseits die Rechnungen nicht zu verwickelt, andererseits die Abweichungen nicht zu klein und die Resultate unsicher werden. Man wird diesen Forderungen Genüge thun, wenn die kleinere Entfernung der Mittelpunkte beider Stäbe wenigstens die dreifache Länge des Ablenkungsstabes A erreicht, und die grössere $\frac{4}{3}$ von der kleineren beträgt.

Wenn keine gleichzeitigen Beobachtungen an einem zweiten Apparate gemacht werden, so wird man gut thun, an jedem Auflegpunkte die Beobachtungsreihen so auf einander folgen zu lassen, dass eine bei einer bestimmten Lage der Pole ausgeführte von zweien bei entgegengesetzter Lage der Pole eingeschlossen ist. Nennt man z. B. R die kleinere, R^1 die grössere Entfernung beider Stäbe, hat man den Ablenkungsstab A östlich von B in der Entfernung R aufgelegt, und zwar so,

dass sein Nordpol gegen Osten liegt, und die Ablenkungen bei dieser Lage beobachtet, so wende man ihn um eine halbe Umdrehung, so dass sein Nordpol gegen Westen zu liegen kömmt, und messe auch in dieser Lage die Ablenkung, welche natürlich auf die entgegengesetzte Seite des magnetischen Meridians fallen wird; kehre aber dann wieder zur ersten Lage, Nordpol gegen Osten zurück, wo die Ablenkung neuerdings bestimmt wird. Hat man sich einige Fertigkeit erworben, so werden diese drei Beobachtungsreihen wohl kaum mehr als eine halbe Viertelstunde Zeit erfordern, und geht die Aenderung der magnetischen Intensität regelmässig vor sich, so kann man sie während einer so kurzen Zeit dieser proportional annehmen. Sind nun die beiden Zeitintervalle zwischen den drei Beobachtungsreihen nahezu gleich, was bei erlangter Einübung auch fast immer eintreten wird, so fällt das Mittel der Zeiten der ersten und dritten Beobachtungsreihe mit der Zeit der zweiten zusammen, und die Differenz der Ablenkungen ist unabhängig von der Intensitätsänderung. Eben so wird man auch auf den drei andern Punkten, nämlich in der östlichen Entfernung R^1 und in den westlichen Entfernungen R und R^1 verfahren.

38. Beruhigung.

Um aber diese Beobachtungen in so kurzer Zeit abzuthun, wird vorausgesetzt, dass man es verstehe, den Stab B, welcher bei jedem Wechsel der Lage von A in grosse Schwingungen geräth, wenigstens so weit zu beruhigen, dass die Schwingungen nicht übermässig gross sind, weil bei der schnellen Bewegung der Zahlen der Scala das Ablesen derselben erschwert wird. Diess kann freilich sowohl durch den Beruhigungsstab (nach 15), als durch jedes Stück weichen Eisens oder magnetisirten Stahles geschehen, das man dem schwingenden Stabe zur rechten Zeit und in der gehörigen Entfernung entgegenhält. Jedoch ist von Gauss (Result. 1849 S. 52) auch ein Mittel angegeben worden, diese Schwingungen bei der Verlegung und Umdrehung des Stabes A klein zu erhalten, so dass man sie gar nicht oder nur wenig zu beruhigen braucht. Man muss hierzu die Dauer einer Schwingung des Stabes B

kennen, die durch D bezeichnet werden soll, wo D die Anzahl der Uhrschläge ist, binnen welchen B von seiner grössten westlichen Ausweichung zur grössten östlichen gelangt, und umgekehrt. Man nähere sich nun dem Auflegpunkte mit senkrecht gehaltenem Stabe, und lege ihn möglichst rasch auf denselben, indem man von diesem Augenblicke an die Uhrschläge von Null zu zählen anfängt; in dieser Lage lasse man ihn bis zum $\frac{D}{3}$ten Schlage, während welchem man ihn eben so rasch aufhebt und durch $\frac{D}{3}$ Uhrschläge senkrecht hält, dann wieder in dieselbe Lage wie früher niederlegt und darin lässt. Die Folge dieses Verfahrens wird sein, dass der Stab B von dem magnetischen Meridian, in welchem er sich vor dem Auflegen des Magnetes gestellt hat, in den ersten $\frac{D}{3}$ Uhrschlägen sich mit beschleunigter Geschwindigkeit derjenigen Stellung nähert, die er durch die Einwirkung des Stabes A anzunehmen hat, und genau die mittlere zwischen dieser und dem Meridian inneliegende Richtung erreicht. Wie nun nach $\frac{D}{3}$ Uhrschlägen der Stab A durch die ihm gegebene senkrechte Richtung auf ihn zu wirken aufhört, so setzt er seine begonnene Drehung zwar fort, aber mit abnehmender Geschwindigkeit, und wird nach $\frac{2D}{3}$ Uhrschlägen in der ihm vom Einflusse des Stabes A gebotenen Stellung, aber ohne Bewegung, angelangt sein, die er in derselben Zeit verlieren muss, in der er sie gewann. Wird nun nach dieser Zeit A in seine bleibende Stellung rasch niedergelegt, so erhält er B in seiner abgelenkten Stellung, ohne dass bedeutende Schwingungen vorhanden wären. Will man den Stab A umlegen, so dass z. B. Pol Nord von Osten nach Westen komme, wobei A in derselben Richtung von B bleibt, so verfährt man ganz auf dieselbe Weise: Man gibt nämlich dem A durch $\frac{D}{3}$ Schläge die neue Lage, dreht ihn dann in die alte zurück, und lässt ihn erst nach $\frac{2D}{3}$ Schlägen, nachdem man ihn wieder gewendet hat, bleibend liegen.

Endlich ist von selbst ersichtlich, dass nach vollendeten Ablenkungsversuchen der Stab B ohne Schwingungen in den

Meridian zurückgeführt werden könne, indem man A aufhebt und durch $\frac{D}{3}$ Uhrschläge verhindert auf B zu wirken, dann ihn in seine letzte Stellung niederlegt, bis $\frac{2D}{3}$ Schläge darin lässt, endlich ihn ganz hinwegnimmt.

Wenn diese Beruhigung mit einem Dämpfer (nach 18) geschieht, so erleidet das Verfahren eine Abänderung, die man aus dem oben erwähnten Aufsatze ersehen kann.

39. Berechnung der Tangenten der Ablenkungswinkel.

Die gefundenen Ablenkungen können jedoch nicht unmittelbar in die Rechnung eingeführt werden, sondern es sind aus ihnen die auf den Halbmesser $2D$ bezogenen Tangenten der Ablenkungswinkel zu suchen; ist nämlich m die gemessene Ablenkung in Scalentheilen ausgedrückt, und v der entsprechende Ablenkungswinkel, so ist aus m die Grösse $2D\,tg.\,v$ zu finden, wo D die Entfernung des Spiegels von der Scala bedeutet.

Man kann hierbei auf folgende Weise verfahren: Sei Fig. III C der Aufhängepunkt des Stabes im Magnetometer, seine Richtung CM, PM die spiegelnde Fläche, AE die Scala, N der unter dem Faden erscheinende Punkt, also $AN = m$ die gemessene Ablenkung. Sei ferner $CM = CB = l$, also $AB = D$, endlich sei PQ sowie CM senkrecht auf MP, so ist $APQ = BCM = v$, und

$$APN = 2v, \quad \text{also} \quad tang\,2v = \frac{AN}{AP} = \frac{m}{AC - CP} = \frac{m}{D + l - l\,Sec.\,v}.$$

Diese Gleichung bietet zwar keine einfache Auflösung dar, um v aus m zu finden, man kömmt aber schnell zum Ziele, wenn man auf umgekehrtem Wege verfährt, wenn man nämlich für zweckmässig angenommene Werthe von v die entsprechenden Werthe von m sucht, und aus diesen Werthen durch Interpolation eine Tafel verfertigt, welche für jedes m das zugehörige v oder $2D\,tg.\,v$ gibt. So z. B. ist für das Magnetometer in Göttingen $D = 4819.75$ Millim., $l = 209.5$ Millim. Will man also für $v = 3^0\,33'$ den entsprechenden Werth von m aus der Gleichung

$$m = (D + l - l\,Sec.\,v)\,tg.\,2v$$

die Gewichte auf zweien, gleich weit von der Mitte entfernten Spitzen aufgehängt. Die Querleiste mit den Gewichten muss so aufgesetzt werden, dass sowohl sie selbst als der Magnetstab horizontal bleiben. Dass letzteres der Fall sei, wird, wie früher, durch das Erscheinen der Scala im Gesichtsfelde des Fernrohres angezeigt, und muss durch Verrücken der Stange auf dem Stabe oder dieses selbst bewirkt werden. Um die Horizontalität der Leiste hervorzubringen, kann man den Boden des Kastens, in welchem der Stab *A* schwingt, durch eine nicht zu empfindliche Wasserwage horizontal stellen, und den Abstand der Enden der Leiste von diesem Boden messen. Sind die Magnetstäbe sehr glatt, so kann es leicht geschehen, dass die Leiste durch Abgleiten sich verrückt. Eine dünne Schichte weichen Wachses, mit welchem ihre untere Fläche bestrichen wird, hilft diesem Uebelstande ab.

In dem Kasten, worin der Stab schwingt, muss ein Thermometer angebracht werden, dessen Stand man in kürzern Zeitfristen, etwa von 5 zu 5 Minuten, anmerkt.

41. Verfahren bei Bestimmung der Schwingungsdauer grosser Stäbe.

Die Schwingungsdauer ist nebst den Ablenkungen das wichtigste Element für die Auffindung der horizontalen Intensität, muss daher auch mit der grössten Schärfe bestimmt werden. Es ist desswegen eine möglichst lange und ununterbrochene Reihe von Schwingungen in Betracht zu ziehen, weil nur aus einer sehr grossen Anzahl derselben die Dauer einer einzelnen mit hinreichender Schärfe erkannt werden kann. Um aber eine so grosse, vielleicht mehrere Stunden andauernde Reihe von Schwingungen nicht ununterbrochen verfolgen und zählen zu müssen, ist ein Verfahren nöthig, welches gestattet, die Beobachtungen der schwingenden Nadel stückweise anzustellen, und doch die zwischen den einzelnen Beobachtungssätzen vollbrachten Schwingungen mit Sicherheit in Rechnung ziehen zu können. Man stellt diese Beobachtung an einem Punkte an, der dem Mittelpunkte der Schwingung (dem Mittel aus der grössten und kleinsten Zahl, die unter den Faden kömmt) nahe liegt, und doch gut kennbar ist, also an einem der nächsten Fünfer oder

Zehner der Scala, welche gewöhnlich durch längere Striche kenntlich sind. Sollte diess nicht der Fall sein, oder, wie es bei grossen Schwingungen geschieht, die Zahlen so schnell vorüber gehen, dass sie nicht gut zu lesen sind, so bezeichne man den Mittelpunkt der Schwingung durch einen dunklen über die Scala gelegten Faden und beobachte den Durchgang dieses Punktes durch den Faden des Fernrohres, d. h. man schreibe die Uhrzeit an, wann dieser Durchgang Statt findet. Man muss sich gewöhnen, die Uhrzeit nicht nur bis auf die ganze Secunde anzugeben, wenn man an einer Pendeluhr beobachtet, sondern auch die Bruchtheile der Secunde abzuschätzen. Beobachtet man mit einem Taschenchronometer, welche gewöhnlich fünf Schläge in zwei Secunden, also 150 Schläge in einer Minute machen, so zählt man nicht nach Secunden, sondern nach Chronometer-Schlägen, und wird sich auch hier bald gewöhnen, Bruchtheile von Schlägen anzugeben.

Zu der angegebenen Durchgangszeit setze man das Zeichen +, wenn sich die Zahlen der Scala scheinbar nach einer gewissen Richtung, z. B. nach der Rechten, bewegen, das Zeichen —, wenn die Bewegung nach der Linken geschieht.

Sind t', t'', t''' .... die Zeiten des 1., 2., 3. .... Durchganges, so ist, da der Mittelpunkt vom 1. Durchgang bis zur grössten Entfernung (Elongation oder Schwingungsgrenze) eine gleich lange Zeit brauchen wird, als von dieser zum zweiten Durchgange,

$\frac{1}{2}(t' + t'') = T^{v}$ die Zeit der ersten Schwingungsgrenze.
$\frac{1}{2}(t'' + t''') = T''$ „ „ „ zweiten „
$\frac{1}{2}(t''' + t^{iv}) = T'''$ „ „ „ dritten „ u. s. f.

und $T'' - T^{v}$ oder $T''' - T''$ oder $\frac{1}{2}(T''' - T^{v})$ u. s. f. wird die Dauer einer Schwingung, nämlich der Zeitraum sein, den der Stab braucht, um von einer Schwingungsgrenze zur entgegengesetzten zu gelangen. Dieser aus fünf oder sechs Durchgängen gefolgerte Werth ist aber noch nicht genau genug, um der Bestimmung der Intensität zu Grunde gelegt zu werden, sondern kann höchstens als eine erste Annäherung gelten. Man kann aber nach einem solchen Beobachtungssatze die Beobachtung abbrechen, und erst nach einiger Zeit, einer halben oder ganzen Stunde, wieder einen Satz folgen lassen,

welcher ebenfalls, so wie der frühere, einen genäherten Werth der Schwingungsdauer geben wird. Diese Näherungswerthe werden in den meisten Fällen hinreichen mit Sicherheit zu erkennen, wie viel Schwingungen der Stab in der ganzen Zwischenzeit von einer ganzen oder halben Stunde vollbracht hat, und kennt man diese Zahl, so gibt die Division dieses Zeitintervalles durch jene Zahl die Dauer einer Schwingung mit viel grösserer Schärfe, welche noch durch Wiederhölung der Sätze nach den gehörigen Zeitfristen vermehrt werden kann.

Die den Durchgangszeiten beigesetzten Zeichen + oder — zeigen an, ob die zwischen ihnen liegende Schwingungsgrenze einem Maximum der Zahlen oder einem Minimum zugehört. Liegt das Maximum zwischen der Zeichenfolge $\pm$, so liegt das Minimum zwischen $\mp$ und umgekehrt. Zwischen gleichen Zeichenfolgen kann nur eine gerade Anzahl der Schwingungen liegen, zwischen ungleichen nur eine ungerade. Die Beachtung der Zeichen macht also einen Irrthum in der Anzahl der Schwingungen leicht erkennbar, weil man nur um eine gerade Anzahl von Schwingungen fehlen kann, ein Fehler von zwei Schwingungen aber in den meisten Fällen schon eine so grosse Aenderung in der Dauer hervorbringen würde, dass sie mit dem Näherungswerthe nicht mehr in Uebereinstimmung zu bringen wäre. Ein Beispiel wird die Sache mehr aufklären.

Die folgende Tafel enthält vier Sätze von beobachteten Durchgängen mit ihren Zeichen, und in der zweiten Spalte die daraus abgeleiteten Zeiten der Schwingungsgrenzen.

I.		II.	
$21^h\ 55'\ 26''9$ —	$21^h\ 55'\ 47''65$	$23^h\ 38'\ 49''2$ +	$23^h\ 39'\ 10''35$
56 8.4 +	56 29.80	39 31.5 —	39 52.55
56 51.2 —	57 12.10	40 13.6 +	40 34.80
57 33.0 +	57 54.25	40 56.0 —	41 17.05
58 15.5 —	58 36.45	41 38.1 +	41 59.20
58 57.4 +		42 20.3 —	

III.		IV.	
$1^h\ 10'\ 12''6$ +	$1^h\ 10'\ 33''40$	$2^h\ 49'\ 19''7$ —	$2^h\ 49'\ 40''60$
10 54.2 —	11 15.60	50 1.5 +	50 22.80
11 37.0 +	11 57.70	50 44.1 —	51 4.95
12 18.4 —	12 39.85	51 25.8 +	51 47.15
13 1.3 +	13 22.15	52 8.5 —	52 29.25
13 43.0 —		52 50.0 +	

Wenn man jede zu einer Schwingungsgrenze gehörige Zeit von der zur nächstfolgenden gehörenden abzieht, so erhält man folgende Näherungswerthe der Schwingungsdauer.

	I.	II.	III.	IV.
	42″15	42″20	42″20	42″20
	42.30	42.25	42.10	42.15
	42.15	42.25	42.15	42.20
	42.20	42.15	42.30	42.10
Mittel	42.20	42.20	42.19	42.16

Man kann daher 42″.19 als genäherten Werth der Schwingungsdauer ansehen. Um zu sehen, wie viel Schwingungen die Nadel zwischen dem ersten und zweiten Satze gemacht habe, ziehe man irgend eine Elongationszeit des ersten Satzes von irgend einer des zweiten Satzes ab, verwandle den Rest in Secunden und dividire ihn durch den Näherungswerth. Der Quotient ist die Anzahl der Schwingungen, und der Näherungswerth wird desto genauer sein, je kleiner der Rest ist, welcher bei dieser Division neben den ganzen Zahlen des Quotienten noch übrig bleibt. Wählt man z. B. die erste Elongationszahl des ersten Satzes und die letzte des zweiten, so ist

$$\begin{array}{r} 21^h\ 55'\ 47''.65 \\ 23\ \ 41\ \ 50\ .20 \\ \hline 1\ \ 46\ \ 11\ .55 = 6371''.55. \end{array}$$

Es kann hier bemerkt werden, dass die erste der gewählten Schwingungsgrenzen die Zeichenfolge $\mp$, die zweite die Zeichenfolge $\pm$ vor sich habe, dass also die zwischen ihnen liegende Schwingungszahl eine ungerade sein müsse. Diese Schwingungszahl findet man nun leicht durch die Division

$$\frac{6371''55}{42.19} = 151 \text{ mit dem Reste } 8.60.$$

Es ist daher schon der Näherungswerth ziemlich genau; allein man wird einen noch viel schärferen Werth erhalten, wenn man das Zeitintervall 6371.″55 durch die gefundene Anzahl von Schwingungen dividirt. Man hat dann

$$\frac{6371''55}{151} = 42''1957.$$

Die nahe Uebereinstimmung dieses Werthes mit dem ersten Näherungswerthe = 42,″19 ist zugleich ein Beweis, dass der Stab in der Zwischenzeit wirklich 151 Schwingungen machte; sollte man daran zweifeln, so müsste man für diese Anzahl, da sie nach der obigen Regel ungerade sein muss, entweder 149 oder 153 annehmen.

Im ersten Falle würde die Schwingungsdauer = 42″,762,
im zweiten Falle „ „ „ = 41.644.

beide Werthe viel zu weit von dem Näherungswerthe abweichend, als dass man dem erwähnten Zweifel Raum gestatten könnte.

Verfährt man auf ähnliche Weise auch mit den übrigen Sätzen, so findet man, wenn n die Anzahl der Schwingungen bedeutet,

aus dem II. und III. die Dauer 42″.1776 . . . $n=134$
„ „ III. „ IV. „ „ 42.1779 . . . $n=145$
„ „ I. „ IV. „ „ 42.18396 . . . $n=422$

und man kann den letzten Werth für den genauesten halten, weil er aus der grössten Anzahl der Schwingungen abgeleitet ist.

Um die Schwingungsdauer wegen Ausdehnung des Schwingungsbogens corrigiren, oder wie man zu sagen pflegt, auf unendlich kleine Bogen zurückführen zu können, darf man nicht vergessen, bei jedem Satze auch die Grösse der Schwingung (den Unterschied zwischen der grössten und kleinsten unter den Faden des Fernrohrs kommenden Zahl) anzumerken.

42. Einfacheres Verfahren zur Bestimmung der Schwingungsdauer.

Das vorhergehende Verfahren, die Schwingungsdauer zu bestimmen, ist vorzüglich dort anwendbar, wo diese Dauer, wie im vorliegenden Falle sehr lang ist. In einem solchen Falle und wenn der Stab gegen äussere Störungen gut geschützt ist, reichen auch die wenigen Durchgänge eines Satzes schon hin, einen hinlänglich genäherten Werth zu geben, der zur Auffindung der Schwingungszahl zwischen einem Satze und dem folgenden dienen kann, ohne einen Zweifel übrig zu lassen. Ist aber diess nicht der Fall sind die Schwingungen eines einzelnen Satzes nicht

regelmässig genug, um einen genäherten Werth zu geben, der jeden Zweifel ausschliesst, so wird man gut thun, zwei Beobachtungssätze binnen kürzerer Zeitfrist auszuführen, und aus diesem kürzeren Intervalle einen mehr genäherten Werth, der die gehörige Sicherheit hat, zu rechnen. Kennt man einen solchen, so kann man im Voraus berechnen, wann eine gewisse, z. B. die 100ste Schwingung eintritt, und den folgenden Beobachtungssatz mit dieser Schwingung beginnen; dann wird dieser und jeder der folgenden Durchgänge genau um 100 Schwingungen von den entsprechenden Durchgängen des ersten Satzes entfernt sein, wodurch sich die Rechnung etwas einfacher stellt.

Folgende Beobachtung wurde nach diesem Verfahren mit einem Taschenchronometer angestellt, welches 150 Schläge in der Minute macht. Die angegebenen Zeittheile sind Uhrschläge.

I.	II.	III.	IV.
23h 44′ 23″.0 +	23h 48′ 93″.5 +	0h 13′ 69″.0 +	0h 33′ 122″.0 +
61.0 —	131.0 —	108.0 —	34 12.0 —
97.5 +	49 18.0 +	144.0 +	47.0 +
136.0 —	56.5 —	14 32.5 —	86.0 —
45 22.0 +	92.5 +	68.5 +	121.5 +
60.0 —	131.0 —	107.0 —	35 11.0 —
96.5 +	50 17.5 +	143.0 +	46.0 +
135.0 —	55.5 —	15 31.5 —	85.0 —
46 21.0 +	91.0 +	67.0 +	120.0 +
59.0 —	129.0 —	106.0 —	36 9.5 —

Es kann hier bemerkt werden, dass es zur Berechnung des ersten Näherungswerthes nicht nöthig ist, die Mittel aus den Durchgängen zu nehmen, um die Zeiten der Schwingungsgränzen zu finden, deren Unterschiede jene Näherungswerthe geben. Wenn der beobachtete Scalentheil genau in der Mitte des Schwingungsbogens liegt, so sind die Durchgangszeiten selbst um die Schwingungsdauer von einander entfernt, ihre Unterschiede geben daher gleichfalls einen Näherungswerth; liegt aber der beobachtete Scalentheil nicht in der Mitte, so werden jene Unterschiede abwechselnd zu gross oder zu klein, aber das Mittel aus einer geraden Anzahl derselben stellt ebenfalls einen Näherungswerth dar. So gibt der erste Satz vorstehender Beobachtungen folgende Zeiten für die Schwingungsgrenzen und deren Unterschiede:

23ʰ 44′	42.00	
	79.25	37.25
	116.75	37.50
45	4.00	37.25
	41.00	37.00
	78.25	37.25
	115.75	37.50
46	3.00	37.25
	40.00	37.00
	Genäherter Werth	37.25

Nimmt man aber die ersten acht Unterschiede der Durchgangszeiten, so geben sie

	38.0
	36.5
	38.5
	36.0
	38.0
	36.5
	38.5
	36.0
Mittel	37.25

wodurch also, wie man sieht, derselbe genäherte Werth wie früher erscheint. Obgleich dieser Näherungswerth die hinlängliche Verlässlichkeit besitzt, um auch für einen grösseren Zeitraum die von dem Stabe während desselben gemachte Schwingungszahl anzugeben, so wurde doch nach kurzer Frist der zweite Satz ausgeführt, um aus den Unterschieden der entsprechenden Durchgangszeiten beider Sätze eine Probe des Näherungswerthes zu erhalten. Zieht man von der 1. Durchgangszeit des II. Satzes, die 1. Durchgangszeit des I. Satzes, von der 2. des II., die 2. des I. u. s. f. ab, so ergeben sich folgende Unterschiede:

4′	70.5
	70.0
	70.5
	70.5
	70.5
	70.0
	70.0
	70.5
	70.0
	70.0

Mittel $= 4' 70.45 = 670.45$ Chron. Schläge.

Binnen dieser Zeit wurden nach dem ersten Näherungswerthe

$$\frac{670.45}{37.25} = 18$$

Schwingungen gemacht, eine Anzahl, die auch mit den Zeichen übereinstimmt, da diesen zufolge eine gerade Zahl erscheinen muss. Es ist demnach der zweite genäherte Werth

$$\frac{670.45^s}{18} = 37.25$$

genau mit dem früheren übereinstimmend. Diesem gemäss sollte der 100ste Durchgang 3725 Uhrschläge nach dem ersten Durchgange des I. Satzes eintreten, also zur Zeit

$$23^h\ 44'\ 33^s0 + 3725^s = 23^h\ 44'\ 23^s + 24'\ 125^s = 0^h\ 8'\ 148^s.$$

Der Durchgang hatte, wie man aus dem III. Satze sieht, auch wirklich zu dieser Zeit Statt. Der erste Durchgang des IV. Satzes, der wieder 100 Schwingungen nach dem III. folgen sollte, wurde für die Zeit

$$0^h\ 8'\ 148^s + 24'\ 125^s = 0^h\ 33'\ 123^s$$

voraus berechnet; er trat um $0^h\ 33'\ 122$ ein.

Nimmt man nun die Zeitunterschiede zwischen den entsprechenden Durchgängen, nämlich dem 1. und 1., dem 2. und 2. u. s. f., des III. und I. Satzes, und eben so des IV. und III. Satzes, so erhält man eben so viele Dauern von 100 Schwingungen, die in folgender Tafel zusammengestellt sind:

I. und II.	III. und IV.
$24'\ 125^s.5$	$24'\ 123^s.5$
127.0	124.0
126.0	123.5
126.0	124.0
126.0	123.5
126.0	125.0
125.5	124.0
126.0	124.0
126.0	123.0
127.0	123.5
Mittel 126.10	123.80

Man findet demnach im Mittel aus allen drei Sätzen die Dauer von 100 Schwingungen

$= 24'\ 124^s.95 = 24'\ 49''.98 = 1489.98$ Secunden,

daher die Dauer einer Schwingung $= 14''.8998$.

43. Verfahren bei kurzen Schwingungsdauern.

Wenn aber, wie bei den magnetischen Theodoliten, die Stäbe sehr klein sind, so wird die Schwingungsdauer zu kurz, um die

Zeiten der aufeinander folgenden Durchgänge anmerken zu können. Man pflegt in diesem Falle einige derselben unbeachtet zu lassen, und die Zeit jedes dritten oder fünften Durchganges zu bemerken, wobei man sich durch einige Vorbeobachtungen eine genäherte Kenntniss der Dauer von drei oder fünf Schwingungen verschaffen muss. Beobachtet man jede fünfte Schwingung, und begnügt man sich die Dauer einer Schwingung aus der Anzahl von 200 Schwingungen zu berechnen, so kann man die Beobachtung während der ganzen Dauer dieser 200 Schwingungen ohne Ermüdung fortsetzen, jeden fünften Durchgang aufzeichnen und die gesammte Beobachtungsreihe in 4 Sätze, jeden von 50 Schwingungen oder 10 Aufzeichnungen abtheilen. Die folgende Tafel enthält eine solche Beobachtung, die so wie die frühere mit einem Taschenchronometer, das 150 Schläge in der Minute machte, ausgeführt wurde. Die den Durchgangszeiten vorgesetzten Zahlen sind die Ordnungszahlen der Durchgänge.

I.			II.			III.			IV.		
0	0h45′	5″.0+	50	46′	95″.5+	100	48′	36″.0+	150	49′	126.5+
5		29.0—	55		120.5—	105		60.0—	155	50	0.0—
10		53.5+	60		143.0+	110		84.5+	160		24.0+
15		77.0—	65	47′	18.5—	115		108.0—	165		48.5—
20		101.0+	70		41.0+	120		131.5+	170		72.5+
25		125.5—	75		66.0—	125	49	6.5—	175		96.0—
30		149.0+	80		89.0+	130		30.0+	180		120.5+
35	46	23.5—	85		114.5—	135		54.0—	185		144.0—
40		47.5+	90		137.5+	140		78.0+	190	51	19.0+
45		72.0—	95	48	12.0—	145		102.5—	195		42.0—

Nimmt man die Unterschiede der entsprechenden Durchgangszeiten des I. und III. so wie des II. und IV. Satzes, so erhält man folgende Zeiten für die Dauer von 100 Schwingungen.

	I. und III.	II. und IV.
	3′ 31″.0	3′ 31″.0
	31.0	29.5
	31.0	31.0
	31.0	30.0
	30.5	31.5
	31.0	30.0
	31.0	31.5
	30.5	29.5
	30.5	31.5
	30.5	30.0
Mittel =	3′ 30.80	3′ 30.55

Im Mittel aus beiden Bestimmungen wird die Dauer von 100 Schwingungen

$= 3' 30''.675 = 3' 12''.27 = 192.27$ Secunden;

daher die Dauer einer Schwingung $= 1''.9227$.

44. Gleichzeitige Beobachtungen am Variations-Apparate.

Hat man gleichzeitig am Variations-Apparate die Aenderungen der horizontalen Intensität beobachtet, so ist man im Stande das Ergebniss unabhängig von dieser Aenderung darzustellen. Diese Variations-Beobachtungen können entweder an einem sogenannten Bifilar-Magnetometer, dessen Beschreibung unter den Variations-Instrumenten folgen wird, oder mittelst des bereits (10 bis 17) beschriebenen Unifilar-Magnetometers durch Beobachtung der Schwingungsdauer ausgeführt werden. Wählt man den ersten Apparat, so muss der Werth eines Scalentheiles gegeben sein, d. h. man muss wissen, um wie viel sich die horizontale Intensität geändert habe, wenn der Stab des Bifilar-Magnetometers eine Aenderung seiner Lage um 1 Scalentheil anzeigt. Sei $\frac{1}{H}$ dieser Werth, es entspreche nämlich ein Scalentheil dem H^{ten} Theile der horizontalen Intensität. Ist nun S_0 derjenige Scalentheil des Bifilar-Magnetometers, welcher der als Norm angenommenen Intensität T_0 entspricht, wurde dagegen während der angestellten Beobachtung der Scalentheil S abgelesen, so ist die Intensitätsänderung

$$= \frac{S - S_0}{H} \cdot T_0$$

Es ist aber noch eine zweite Ursache, aus welcher das Bifilar-Magnetometer einen geänderten Stand anzeigen kann, nämlich eine vorhergegangene Aenderung der Temperatur, weil mit der Wärmezunahme die Intensität der Stabmagnetismus abnimmt. Ist also C_0 die Normaltemperatur des Stabes, auf welche alle beobachteten Intensitäten zurückgeführt werden, wurde aber während der ausgeführten Intensitäts-Bestimmung im Kasten des Bifilar-Magnetometers die Temperatur C abgelesen, und beträgt die Aenderung, welche dieser Apparat in Folge der Temperatur-Aenderung von einem Grade anzeigt, k Scalentheile, so ist die Intensitäts-Aenderung in Folge der geänderten Temperatur

$$= \frac{k(C - C_0)}{H} \cdot T_0$$

Setzt man der Kürze wegen $S - S_0 = s$, $C - C_0 = c$, so ist die gesammte Aenderung, oder der Unterschied zwischen der wirklich Statt findenden Intensität T und der Normal-Intensität T_0,

$$T - T_0 = \frac{s + k.c}{H} . T_0$$

oder

$$\frac{T}{T_0} = \frac{H + s + k.c}{H}$$

und mit dieser Grösse wird man die gemessenen Ablenkungen multipliciren, um sie auf die Normal-Intensität zurückzuführen.

Um die am Stabe A gemessenen Schwingungsdauern auf die Normal-Temperatur zu bringen, wird man während dem Verlaufe derselben von Zeit zu Zeit, etwa von fünf zu fünf Minuten Ablesungen am Bifilar-Magnetometer und am Thermometer veranstalten, aus den derselben Reihe von Schwingungsdauern zugehörigen Ablesungen das Mittel nehmen, und damit nach der oben gegebenen Regel den Werth von $\frac{T}{T_0}$ rechnen, mit welchem das Quadrat der Schwingungsdauer zu multipliciren ist.

Hat man aber die Aenderungen der Intensität nicht am Bifilar-Magnetometer beobachtet, sondern will man hiezu die Schwingungsdauern des Unifilar-Magnetometers benützen (was jedoch weniger vortheilhaft ist, weil man die Werthe der Schwingungsdauer nur für grössere Zeiträume mit gehöriger Sicherheit erhält, nicht aber für so kurze, wie man sie zur Reduction der Ablenkungen nöthig hat), so muss man bemerken, dass man hiebei den Einfluss der Temperatur in zweifacher Hinsicht zu berücksichtigen habe, erstens indem sie die Stärke des Stabmagnetismus ändert, zweitens weil sie eine Aenderung in der Ausdehnung des schwingenden Stabes hervorbringt, und ein längerer oder kürzerer Stab auch eine längere oder kürzere Zeit braucht, um eine Schwingung zu vollbringen. Ist S_0 die Schwingungsdauer bei dem normalen Zustande der Intensität (T_0), S jene bei dem wirklich stattfindenden (T), C^0 die Normal-Temperatur, C' die beobachtete, $C - C_0 = c$, bedeutet ferner q die Aenderung des Stabmagnetismus und m die Ausdehnung des Stahles für 1° Temperatur-Aenderung, so ist

4 gesuchte Verhältniss

$$\frac{T}{T_0} = \frac{S_0^2}{S^2\,[1-(2m+q)\,c]}\,,$$

und mit dieser Grösse sind, so wie früher die Ablenkungen und die Quadrate der Schwingungsdauern zu multipliciren, um sie auf die Normal-Intensität zu bringen.

45. Correctionen wegen der Temperatur des Hauptstabes.

Auch auf die mit dem Hauptapparate vorgenommenen Operationen hat die Temparatur-Aenderung einen Einfluss, weil dadurch der magnetische Zustand des Stabes *A* geändert wird. Ist p die einer Temperatur-Aenderung von 1° entsprechende Aenderung des Stabmagnetismus, a_1 die beobachtete, a_0 die Normal-Temperatur, und $a_1 - a_0 = a$, so sind die Ablenkungen mit der Grösse

$$1 + ap$$

zu multipliciren, die Quadrate der Schwingungsdauern aber mit derselben Grösse zu dividiren, um sie auf die Normal-Temperatur zu bringen.

46. Correctionen wegen des Uhrganges und der Drehung des Fadens.

Die Schwingungsdauern des Stabes *A* haben aber noch einige Correctionen nöthig, bevor sie zur Berechnung der Intensität benützt werden können. Gewöhnlich beobachtet man sie an einer nach mittlerer Sonnenzeit gehenden Uhr, welche einen gewissen Fehler und Gang haben wird. Sei dieser Gang h, d. h. die Uhr eile der Sonnenzeit täglich um h Secunden voraus, mache also $86400 + h$ statt 86400 Secunden täglich, so sind die Schwingungen mit dem Factor

$$\frac{86400}{86400 + h}$$

zu multipliciren, und mit dem Factor

$$\frac{86400}{86400 - h}\,,$$

wenn die Uhr täglich um eben so viel zurückbleibt.

Ist n das nach 36 bestimmte Verhältniss der erdmagnetischen Kraft zur Torsionskraft des Fadens, so hat man die Quadrate der Schwingungsdauern mit dem Factor $\frac{n+1}{n}$ zu multipliciren.

47. Correction wegen der Grösse des Schwingungsbogens.

Endlich sind die Schwingungsdauern desto grösser, je grösser der Bogen ist, in welchem die Nadel schwingt. Um sie in dieser Beziehung auf ein bestimmtes Maass zurückzuführen, sei T' die beobachtete, T die corrigirte Dauer, g der Schwingungs-Bogen (der Unterschied zwischen dem grössten und kleinsten Scalentheile, den der schwingende Stab erreicht), r die Entfernung des Spiegels von der Scala, so hat man

$$T = T' \left(1 - \frac{g^2}{256\, r^2}\right).$$

48. Bestimmung des Wärme-Coëfficienten.

Die durch die Temperatur-Aenderungen nöthigen Correctionen hängen von den mit k, q und p bezeichneten Grössen ab, welche man die Wärme-Coëfficienten zu nennen pflegt. Diese Grössen sind für denselben Magnetstab constant, haben aber, da sie von der inneren Beschaffenheit des Stahles abhängen, für jeden einen anderen Werth und müssen daher auch für jeden eigens bestimmt werden; zu ihrer Kenntniss kann man auf folgendem practischen Wege gelangen. [1])

Auf der Mitte eines magnetischen Theodoliten (Fig. XXIII) stelle man ein Magnetgehäuse mit einer frei schwebenden Nadel ns, an welches eine hölzerne Schiene HH angebracht, und der zu untersuchende Magnet NS befestigt wird, welcher die freie Nadel ns vom magnetischen Meridiane ablenkt. Unter den Magnet NS stelle man ein Gefäss mit Wasser, von der Temperatur t_1, so dass er darin eintaucht, lasse ihn so lange darin, bis er die gleiche Temperatur angenommen hat, und beobachte die Ablenkung g_1 vom Meridiane, die in der Nadel ns vom eingetauchten Magnete NS hervorgebracht wird. Man vertausche dann das Wasser mit anderem, das eine sehr verschie-

[1]) S. Lamont. Handbuch des Erdmagnetismus S. 125.

dene Temperatur t_2 hat, und nun sei g_2 die Ablenkung des wieder eingetauchten Magnetes NS, nachdem er gleiche Temperatur mit dem Wasser angenommen hat, so ist der Wärme-Coëfficient

$$A = \frac{Sin\ (g_1 - g_2)}{(t_2 - t_1)\ tg.\ \frac{1}{2}(g_1 + g_2)}.$$

Beispiel. Ein Magnet von 149.0 Millim. Länge, 7,3 Mill. Breite und 3,6 Mill. Dicke gab folgende Zahlen:

Temperatur	Ablesung des Kreises	Temperatur	Ablesung des Kreises
8°7	294° 15.6	9°5	294° 21.9
46.9	293 37.1	28.7	294 3.0
9.0	294 17.4	9.5	294 22.0
42.2	293 44.5	23.9	294 7.7
9.15	294 19.6	9.5	294 22.7
38.0	293 51.9	19.9	294 12.1
9.3	294 21.4	9.5	294 22.5
35.2	293 55.9	15.8	294 16.5
		(9.5)	(294 22.5)

Richtung des magnetischen Meridians am Anfange . 247° 55′.6
„ „ „ „ „ Ende . . . 247 50.4

Da während dieses Experimentes keine Beobachtungen über die Variationen der magnetischen Erdkraft angestellt worden waren, so wird es am besten sein, die ausgeführten Versuche so zu combiniren, dass diese Variationen, wenn sie in kurzen Zeiträumen der Zeit proportional vor sich gingen, unschädlich werden. Diess geschieht, wenn man je zwei Versuche bei niedriger Temperatur, die einen bei höherer einschliessen, zu einem Mittel vereinigt, und dieses Mittel mit dem eingeschlossenen Versuche zusammenstellt.

Behandelt man nach dieser Methode die ersten drei Versuche, so geben der 1. und 3. das Mittel der Temperatur $t_1 = 8.°85$, und das Mittel der Ablesungen 294° 16.′5.

Da also der Meridian war . . . . . 247° 55.6 . . . . 247° 55.6
und die Ablesungen . . . . . 294 16.5 . . . . 293 37.1
so sind die Ablenkungen . . . . . $g_1 = 46\ 20.9$. $g_2 = 45\ 41.5$
Man hat daher . . . . . $g_1 - g_2 = 39'.4$
$t_2 - t_1 = 46°9 - 8°85 = 38°05$
$\frac{1}{2}(g_1 + g_2) = 46°\ 1'.2$

Substituirt man diese Werthe in obige Formel, so wird

$$\begin{aligned} lg.\,Sin\,(g_1 - g_2) &= 8.05921 \\ Comp.\ lg.\,(t_2 - t_1) &= 8.41965 \\ ,,\ \ lg.\,tg.\,\tfrac{1}{2}(g_1 + g_2) &= 9.98453 \\ lg.\,A &= 6.46339 \\ A &= 0.0002907 \end{aligned}$$

Wenn die übrigen Zahlen des Versuches eben so behandelt werden, so gelangt man zu folgenden Ergebnissen:

$t_2 - t_1$	$g_1 - g_2$	$\frac{1}{2}(g_1 + g_2)$	*Wärme-Coëff.*
38°05	39'40	46° 1'2	0.0002907
33.12	34.00	6.9	0.0002872
28.77	28.60	12.1	0.0002773
25.80	25.75	15.2	0.0002779
19.20	18.95	19.3	0.0002741
14.40	14.65	22.4	0.0002821
10.00	10.50	25.2	0.0002906
5.90	6.00	27.9	0.0002811
		Mittel	0.0002826

Es herrscht übrigens über den Zusammenhang zwischen den Temperatur-Aenderungen und jenen der magnetischen Kraft noch manches Dunkel, so dass man nicht im Stande ist, die Intensitäts-Aenderungen mit jener Verlässlichkeit auf eine bestimmte Temperatur zurückzuführen, wie es z. B. bei denen des Luftdruckes geschehen kann.

Die Anwendung der über die Intensitäts-Bestimmung gegebenen Vorschriften wird durch ein Paar Beispiele noch ersichtlicher werden.

49. Beispiel der Intensitäts-Bestimmung mit dem Magnetometer.

Intensitäts-Bestimmung am Magnetometer zu Göttingen am 31. Juli 1841.

a. Ablenkungen.

Stab A wurde südlich und nördlich von B in den Entfernungen $R^1 = 2600$ und $R = 1900$ Millim. so aufgelegt, dass seine Mitte im Meridian, seine Längenaxe senkrecht darauf lag. Die nach dem in 37 angegebenen Verfahren ausgeführten Beobachtungen geben folgende Beobachtungszahlen, in denen die

Lage II die in Hinsicht auf die Richtung der Pole entgegengesetzte von Lage I bedeutet, so dass nämlich bei Lage II z. B. der Nordpol gegen Westen, bei Lage I gegen Osten war, oder umgekehrt,

Stab A südlich von B.

Mittlere Zeit	R	Lage	Stand
10h 44′ —	2600	I	653.52
10 47 30″	2600	II	1057.78
10 51 —	2600	I	652.15
10 56 —	1900	I	312.54
11 0 —	1900	II	1394.87
11 0 —	1900	I	313.29

um 10h 40′ Temp. + = 12°4 Réaum.

Stab A nördlich von B.

Mittlere Zeit	R	Lage	Stand
11h 10′ —	1900	I	1392.77
11 14 —	1900	II	312.71
11 18 —	1900	I	1391.57
11 22 30″	2600	I	1056.04
11 26 30	2600	II	647.63
11 30 30	2600	I	1054.41

Um 11h 32′ Temp. = + 12°44.

Wenn man nun für jeden Auflegepunkt das Mittel der in Lage I gefundenen Stände nimmt, und selbes von dem Stande in Lage II abzieht, so erhält man folgende Zahlen, welche die doppelten Ablenkungen in Scalentheilen darstellen.

Stab	R	Mittlere Zeit	Doppelte Ablenkung
Südlich . .	2600	10h 47′ 30″	404.945
Südlich . .	1900	11 0 0	1081.955
Nördlich .	1900	11 14 30	1079.460
Nördlich .	2600	11 26 30	407.595

Nun wurde an den Stab *A* der Spiegel angebracht, und derselbe zuerst auf die schmale Fläche in das Schiffchen gelegt. Er zeigte den Stand 500.3; da aber derselbe ungefähr 850 sein sollte, so konnte schon vor dem Umlegen der Spiegelfehler verbessert werden. Nach mehreren Correctionen war der Stand 853.5, und nach dem Umlegen 855.5. Nun wurde der Stab auf gewöhnliche Weise, nämlich auf die breite Fläche eingelegt, und die Entfernung des Abstandes der spiegelnden Fläche von der Scala = 4807,85 Millim. gefunden.

b) Schwingungen des unbelasteten Stabes A.

Die Schwingungs-Beobachtungen, welche nach dem in 41 angezeigten Verfahren ausgeführt wurden, gaben folgende Zahlen:

Um 0^h 30′ Nachmittags Temp. = + 13°0 Réaum.

Ordnungszahl der Schwingungen.	Mittlere Zeit	Schwingungsbogen.
2	0^h 35′ 23″.15	766.15
102	1 15 29.15	440.56
202	1 55 34.42	318.57

Um 1^h 58′ Temperatur = + 13°2.

Man findet hieraus die Dauer von 100 Schwingungen

aus dem 1. und 2. Satze = 40′ 6″.00 = 2406″.00, Dauer einer Schwingung = 24″.0600,

„ „ 2. „ 3. „ = 40 5.27 = 2405.27, Dauer einer Schwingung = 24″.0527.

Um an diese Zahlen sogleich die Correction wegen der Grösse des Schwingungsbogens anzubringen, hat man nach der in 47 gegebenen Formel

$$T = T' \left(1 - \frac{g^2}{256\, r^2}\right)$$

für T', g und r die entsprechenden Grössen zu setzen. Für T' kann man den genäherten Werth 24″,06 annehmen; da ferner die Schwingungsbögen sehr nahe in einer geometrischen Progression

abnehmen, so wird man am besten thun, für die erste Schwingungsdauer als Schwingungsbogen die mittlere geometrisch Proportionirte zwischen den Bögen des 1. und 2. Satzes, oder, wenn man in Logarithmen rechnen will, das arithmetische Mittel ihrer Logarithmen zu nehmen. Es ist demnach der Schwingungsbogen

für den 1. Satz = 766.15, *log.* = 2.88432
„ „ 2. „ = 440.56, *log.* = 2.64400
Mittel = *log.* g = 2.76416.

Für r hat man die oben gegebene Zahl = 4807.85 zu setzen. Hiemit wird

log. T^1 = 1.38130
log. g^2 = 5.52832
Comp. *log.* 256 = 7.59176
Comp. *log.* r^3 = 2.63610
log. Correct. = 7.13748
Correct. = 0.00140

Eben so wird die zweite Schwingungsdauer

log. 440.56 = 2.64400
log. 318.57 = 2.50321
log. g^2 = 5.14721
log. T' = 1.38117
Comp. *log.* 256 r^3 = 0.22786
log. Correct. = 6.76624
Correct. = 0.00058.

Demnach werden die corrigirten Schwingungsdauern

24″.0600 — 0.0014 = 24″.0586
und 24.0527 — 0.0006 = 24.0521
Mittel = 24.05535 bei 13°.1 Réaumur.

c) Torsionsbestimmung.

Es wurden für diesen Zweck folgende Stände beobachtet:

Mit unbelasteter Nadel ohne Drehung . . m = 833.04 um 1ʰ 55′ 30″
Drehung = +360° . . m' = 747.92 „ 2 0
Drehung = —720 . . m'' = 919.83 „ 2 6
Ohne Drehung . . . m''' = 833.95 „ 2 11.

Da keine gleichzeitigen Beobachtungen an einem zweiten Apparate über die Aenderungen der Declination ausgeführt wur-

den, und sich aus der Vergleichung von m und m''' eine Aenderung um 0.91 Scalentheile in 15.'5 ergibt, so muss man diese Aenderung der Zeit proportional vertheilen, so dass auf eine Minute eine Aenderung von 0.059 Scalentheilen kömmt. Führt man mit diesem Werthe alle Zahlen für m auf die Mitte der Zeiten, nämlich auf 2^h 3′ zurück, so werden sie

$$\begin{aligned} m &= 833.04 + 0.44 = 833.48 \\ m' &= 747.92 + 0.18 = 748.10 \\ m'' &= 919.83 - 0.18 = 919.65 \\ m''' &= 833.95 - 0.47 = 833.48 \end{aligned}$$

Man hat daher für eine Drehung von 360 die Aenderung

$$\begin{aligned} &\text{aus } m \text{ und } m' \quad . \; . \; . \; 85.38 \\ &\text{„ } m \text{ „ } m'' \quad . \; . \; . \; 86.17 \\ &\qquad \text{Mittel} = u = 85.775. \end{aligned}$$

Da die Entfernung des Spiegels von der Scala $= r = 4807.85$ Minuten war, so entsprechen nach 7 diese Scalentheile einem Winkel von

$$\frac{206264.8}{2r} (85.775) \text{ Secunden} = 30.67 \text{ Minuten} = u,$$

und da die Drehung $= 360^0 = 21600' = v$ betrug, so ist nach 36 das Verhältniss der magnetischen Kraft zur Drehkraft des Fadens

$$n = \frac{v}{u} - 1 = \frac{21600}{30.67} - 1 = 703.27.$$

Nun wurde die Querleiste aufgesetzt, mit Gewichten belastet, gehörig nivellirt, und folgende Stände beobachtet:

$$\begin{aligned} &\text{ohne Drehung} \; . \; . \; . \; m = 834.20 \\ &\text{Drehung} = +360^0 \; . \; m' = 712.63 \\ &\text{Drehung} = -720 \; . \; m'' = 961.77 \\ &\text{ohne Drehung} \; . \; . \; . \; m''' = 836.59. \end{aligned}$$

Diese Bestimmungen gaben durch das vorige Verfahren den Torsions-Coëfficienten

$$n = 485.96.$$

d) Schwingungen des belasteten Stabes.

Die Gewichte hingen auf Nr. 250 und 450 der Querleiste, d. i. auf den beiden der Mitte nächsten Spitzen (S. Fig. VIII).

Die Beobachtungen nach dem in 41 angezeigten Verfahren ausgeführt gaben folgende Zahlen:

Ordnungszahl der Schwingungen	Mittlere Zeit	Schwingungsbogen
2	3h 30′ 31″.32	726.28
82	4 5 37.58	481.48
162	4 40 43.69	332.22

Um 4h 43′ Temperatur = + 13°.4 Réaumur.

Diese Beobachtungen, wenn sie wie die früheren Schwingungsdauern behandelt werden, geben

die erste Schwingungsdauer . . .	=	26″.32825
Corr. wegen des Schwingungsbogens	= —	0.00156
die zweite Schwingungsdauer . . .	=	26″.32638
Corr. wegen des Schwingungsbogens	= —	0.00071

daher im Mittel

26″.32618 bei + 13°.6 Réaum.

Die Gewichte wurden nun auf Nr. 0 und 700 aufgehängt, das ist, auf den beiden von der Mitte der Querleiste entferntesten Spitzen.

Um 4h 58′ Temperatur = + 13°.6 Réaum.

Ordnungszahl der Schwingungen	Mittlere Zeit	Schwingungsbogen
3	5h 1 41″.28	892.36
63	5 42 35″.07	669.44
123	6 23 28″.68	509.54

Um 6h 27′ Temperatur = + 13°.3 Réaum.

Daraus findet man auf dieselbe Weise wie früher

die erste Schwingungsdauer = 40″.89650, Correct. = — 0.00413
die zweite „ „ = 40″.89350, „ = — 0.00247

daher im Mittel

. . . . 40″.89170 bei + 13°.45 Réaum.

e) Gleichzeitige Beobachtungen am Bifilarapparate.

Aus den Beobachtungen am Bifilarapparate, bei dem der Werth eines Scalentheiles $\frac{1}{11000}$ der horizontalen Intensität beträgt, wurden durch Interpolation folgende mit den Hauptbeobachtungen gleichzeitige Ablesungen abgeleitet, wobei zu bemerken ist, dass die Zahlen mit der Intensität zunehmen, und dass der Temperatur-Aenderung von 1° Cent. eine Aenderung der Intensität von 14.54 Scalentheilen entspricht.

Für die Ablenkungen ergeben sich folgende correspondirende Stände:

10ʰ 44′ . . 845.47 10 47.5 . . 846.75 10 51 . . 847.22	846.48 + 15°.6	Cent.
10 56 . . 847.41 11 0 . . 848.07 11 4 . . 847.84	847.77 + 15.7	„
11 10 . . 847.73 11 14 . . 848.18 11 18 . . 849.01	848.31 + 15.8	„
11 22.5 . . 850.40 11 26.5 . . 852.10 11 30.5 . . 853.78	852.09 + 15.9	„

Die den Schwingungsdauern entsprechenden Mittel der Ablesungen am Bifilarapparate sind:

1ʰ 15′ . . .	865.76 + 16°.7	Cent.
4 6 . . .	865.92 + 17.65	„
5 42.5 . . .	858.96 + 17.0	„

f) Reduction der Ablenkungen.

Sowohl die gleichzeitigen Beobachtungen am Hilfsapparate als auch jene am Hauptapparate müssen nach 44 und 45 wegen Aenderung der Magnetkraft und der Temperatur corrigirt werden, und es sind desswegen die Tangenten der Ablenkungen mit $1 + \frac{k.c}{H}$ (nach 44) und mit $1 + ap$ (nach 45) zu multipliciren,

wo $k = S - S_0$ dem Unterschiede zwischen dem beobachteten und dem Normalstande am Stabe des Bifilarapparates,

$c = C - C_0$ dem Unterschiede zwischen der an demselben Apparate beobachteten und der Normaltemperatur,

$\frac{1}{H}$ der Werth eines Scalentheiles

k der Wärme-Coëfficient des Stabes im Bifilarapparate.

p „ „ „ „ Hauptstabes A.

$a = a_1 - a_0$ Der Unterschied zwischen der am Hauptstabe beobachteten und der Normaltemperatur ist.

Es ist $S_0 = 855$, $C_0 = 16^0$ Cent., $p = 0.000765$, $a_0 = 13^0$ Réaum. und wie schon früher bemerkt wurde, $H = 22800$, $k = 14.54$. Zur Auffindung der Tangenten aus den beobachteten Ablenkungen ist (wie in 39) $2D = 9639{,}3$, $l = 209{,}5$, daher die dort gegebene Tafel anwendbar. Bezeichnet man mit A die beobachteten Ablenkungen (von denen man jedoch zur Vereinfachung der Rechnung das Mittel der bei gleicher Entfernung und bei südlicher und nördlicher Lage des Ablenkungsstabes gefundenen Zahlen nehmen kann), mit B die aus der Tafel (in 39) genommen, mit B^1 die reducirten Tangenten der Ablenkungswinkel, so stellt sich die Rechnung folgender Massen:

	R. = 2600	R. = 1900
$2A$	406.270	1080.708
A	203.135	540.35
B	203.05	538.67
C	+15°.75 Cent.	+15°.75
$c = C - C_0$	—0.25	—0.25
S	848.48	848.04
$s = S - S_0$	—6.52	—6.96
$k.c$	—3.63	—3.63
H	22800.00	22800.00
$H + s + kc$	22789.85	22789.41
$\log. (H + s + kc)$	4.3577415	4.3577331
$\log. H$	4.3579348	4.3579348
a_1	+12°.4 R.	+12°.4
$a = a_1 - a_0$	— 0.6	— 0.6
$1 + ap$	0.999541	0.999541
$\log. \frac{H+s+kc}{H}$	9.9998067—10	9.9997983
$\log. (1+ap)$	9.9998006—10	9.9998006
$\log. B$	2.3076030	2.7313228
$\log. B^1$	2.3072103	2.7309217
B^1	202.87	538.17

g. Reduction der Schwingungsdauern.

Die Schwingungsdauern sind bereits wegen der Grösse des Schwingungsbogens corrigirt, oder wie man zu sagen pflegt, auf

einen unendlich kleinen Schwingungsbogen zurückgeführt, sie müssen aber noch wegen Temperatur, Aenderung der Intensität, wegen des Ganges der Uhr und der Drehung des Fadens corrigirt werden. Der voreilende tägliche Gang der Uhr ist $k = 1''.76$, und für die Torsion wurde oben (c) bei unbelastetem Stabe $n = 703.3$, bei belastetem Stabe $n = 486.0$ gefunden. Hieraus ergibt sich, wenn t die beobachtete, t_1 die reducirte Schwingungsdauer bedeuten, folgende Rechnung:

	Ohne Gewichte	Gewichte auf	
		250 u. 450	0 u. 700
t	24".05535	26".3262	40".8917
C	+16°.7 Cent.	+17°.65	+17°.0
$c = C - C_0$	+ 0.7	+ 1.65	+ 1.0
S	865.76	865.92	858.96
$s = S - S_0$	+10.76	+10.92	+ 3.96
$k.c$	+10.18	+23.99	+14.54
H	22800.00	22800.00	22800.00
$H + s + k.c$	22820.94	22834.91	22818.50
a_1	+13°.1 Réaum.	+13°.6	+13°.45
$a = a_1 - a_0$	+ 0.1	+ 0.6	+ 0.45
$1 + ap$	1.000076	1.000459	1.000344
$\log.(H + s + k\,c)$	4.3583335	4.3585993	4.3582871
$\log. H$	4.3579348	4.3579348	4.3579348
$\log. \frac{H+s+k.c}{H}$	0.0003987	0.0006645	0.0003523
Compl. $\log.(1+ap)$	9.9999670	9.9998007	9.9998506
$\log. \frac{(80400)^2}{(86400+h)^2}$	9.9999822	9.9999822	9.9999822
$\log. \frac{n+1}{n}$	0.0006171	0.0008927	0.0008927
$\log. t^2$	2.7624234	2.8407764	3.2232704
$\log. t_1^2$	2.7633884	2.8421165	3.2143483

h. Endergebniss.

Um aus den reducirten Beobachtungen die Grössen $\frac{M}{T}$ und MT (in 34) zu finden, in denen M das magnetische Moment des Stabes, T den horizontalen Theil der Magnetkraft der Erde bedeutet, ist

für die Entfern. $R = 1900$ die reduc. Tang. d. Ablenk. $B = 538.17$

„ „ $R_1 = 2600$ „ „ „ $B_1 = 202.87$

$2D = 9639{,}5$ und $n' = 967.74$

wo n' der Drehungs-Coëfficient für den Hilfsstab ist. Man findet die Grösse $\frac{M}{T}$ aus

$$L = \frac{R_1^5 B_1 - R^5 B}{R_1^3 - R^3}$$

$$\frac{M}{T} = \frac{L}{2D}\left(\frac{1+n^1}{n}\right)$$

Bezeichnet ferner

t die reducirte Schwingungsdauer ohne Gewichte,
t_1 „ „ „ mit den Gewichten auf 0 u. 700
t_{11} „ „ „ „ „ „ „ 250 u. 450
und ist $2r_1$ die Entfernung der Punkte 0 und 700
„ „ $2r_{11}$ „ „ „ „ 250 und 450
„ „ $2p$ die Summe beider Gewichte in Milligrammen,

so hat man

$$r_1 = 349{,}8856$$
$$r_{11} = 99{,}98735$$
$$2p = 999990$$

und man findet, wenn π das Kreisverhältniss anzeigt,

$$MT = \frac{2p\pi^2(r_1^2 - r_{11}^2)}{t_1^2 - t_{11}^2}$$

und das Trägheitsmoment des Stabes A

$$K = \frac{MT \cdot t^2}{\pi^2}.$$

In dem gewählten Beispiele ist

$5\,log.\,R_1 = 17.0748665$ $\quad$ $5\,log.\,R = 16.3937680$
$log.\,B_1 = 2.3072178$ $\quad$ $log.\,B = 2.7309195$
$log.\,(R_1^5 B_1) = 19.3820943$ $\quad$ $log.\,(R^5 B) = 19.1246875$
$R_1^5 B_1 - R^5 B = 1077811 \times 10^{13}$, $R_1^3 - R^3 = 3150000$
$log.\,(R_1^5 B_1 - R^5 B) = 19.0325426$
$log.\,(R_1^3 - R^3) = 6.4983106$

$log.\,L = 12.5342320$
$log.\,\frac{n^1+1}{n^1} = 0.0004485$
Compl. $log.\,2D = 6.0159455 - 10$

$log.\,\frac{M}{T} = 8.5506260$

$t_1{}^2 = 1676.387$

$t_{11}{}^2 = 695.211$

$\log. MT = 9.0534455$ ....

$\log. T = 0.2514098$

$\log. M = 8.8020357$

$M = 633921700$

$\log. MT = 9.0534455$

$\log. t^2 = 2.7633884$

Compl. $\log. \tau^2 = 9.0057003 - 10$

$\log. K = 10.8225342$

$K = 66456000000$

[illegible] Bestimmung mit dem magnetischen Theodolite.

Die Inclinationsbestimmung mit dem magnetischen Theodolite ist [illegible] weniger umständlich als jene mit dem Magnetometer, besonders wenn [illegible] wie es bei den in der Werkstätte des Herrn [illegible] angefertigten derartigen Instrumenten der Fall ist, die Constante von ihm selbst bestimmt, und dem Beobachter mitgetheilt werden. Eine Aenderung dieser Constanten im Verlaufe eines Zeitraumes von mehreren Jahren ist nicht zu fürchten, selbst wenn der Magnetismus der Stäbchen abgenommen haben sollte, wenigstens bei einem [illegible] nach München zurückgeschickter Theodolite, der während der Jahre vielfach benützt worden war, dieselbe Werthe der Constanten gegeben, welche nach seiner Vollendung gefunden worden waren.

Der Theodolit ist mit einem Aufsatze $Y X' V U$ (Fig. XIII) versehen, der in einem luftdicht verschlossenen Gehäuse den Magnet $M M'$ (Fig. XII) und den daran befestigten Spiegel N (Fig. XIII) enthält, welche an einem von der Röhre $L M$ umgebenen Faden aufgehängt ist. Die Schiene $U V$ dient, um das Magnetstäbchen, das in dem freischwebenden Magneten $M M'$ die Ablenkung hervorbringen soll, in die gehörige Entfernung davon zu legen. Sie ist zu diesem Zwecke, wie man in Fig. XII sieht, getheilt und mit [illegible] Löchern versehen. Der Auflegmagnet mn wird auf

einen Schlitten *W* (Fig. XIII) gelegt, dessen Einrichtung man auch in Fig. XX sehen kann. Er besteht aus zwei kleinen Leisten, *aa'* und *cc'*, welche die Schiene *UV* umfassen und ihm erlauben, längs derselben fortzugleiten. In der Mitte trägt er eine Schraube *b*, die durch ein in der Mitte des Auflegmagneten (der in Fig. XX durch punktirte Linien angezeigt ist) gebohrtes Loch gesteckt wird, und dazu dient, den Magnet an dem Schlitten zu befestigen. Die Leisten *a* und *c* des Schlittens, zwischen denen die Mitte der Schiene *UV* sichtbar ist, laufen nach innen in schiefe Flächen aus, auf deren einer ein aus mehreren Strichen bestehender Index eingeschnitten ist, um dem Schlitten seine genaue Stellung geben zu können, welche er dann hat, wenn der mittlere Strich des Index mit einem der über die Schiene gezogenen Striche genau zusammentrifft. Bei dem hier beschriebenen Theodoliten muss die Mitte des Magnetes über der Theilung 10 der Schiene liegen, daher der Mittelstrich des Index mit der Theilung 8 oder 12 der Schiene zusammenfallen, je nachdem der Auflegmagnet den einen oder den anderen Pol gegen den freien Magnet *M M'* zukehrt. Die feine Bewegung dieses Schlittens wird durch einen Winkelhebel *e f* hervorgebracht, der mit einem als Ruhepunkt dienenden Zäpfchen *g* (Fig. XIII) versehen ist, welches in eines der in die Schiene eingebohrten Löcher gesteckt wird, worauf man durch die Bewegung des Hebelarmes *e f* den Schlitten verrücken und in die genaue Entfernung von *M M'* bringen kann. Eine über dem Index angebrachte Linse *h* dient, sich von dem genauen Zusammentreffen des Index mit dem über die Schiene gezogenen Striche zu überzeugen.

51. Verfahren bei den Ablenkungen.

Hat man den Theodoliten nivellirt, dem Magneten *M M'* durch Lösung der Schraube *K*, die ihn und den Spiegel festklemmt, eine freie Bewegung gestattet, und den Auflegmagnet mittelst des Schlittens in die gehörige Entfernung gebracht, so dreht man das Gestelle *Y Z Z' Y'* so lange, bis der Magnet *M M'* nicht mehr die Wände seines Gehäuses berührt, sondern frei schwingen kann, und der Spiegel im ruhigen Zustande sich nahezu senkrecht auf die Richtung des Fernrohres stellt, hierauf gibt man dem Fernrohre, nachdem man die Klemmschraube *F* angezogen hat, durch die Schraube *S T* eine solche Lage, dass dessen Axe auf der Fläche des ruhen-

den Spiegels *N* genau senkrecht steht, und dieser das von *R* kommende und durch das Objektiv *P* und das Planglas *O* auf ihn einfallende Licht in das Fernrohr zurückwerfen kann, wodurch unter der schon bei 20 angeführten Vorsicht das Spiegelbild des Fadens sichtbar wird, und wenn der Magnet beruhigt worden ist, zur Deckung mit dem Faden selbst gebracht werden kann. Man merkt die Zeit des Chronometers an, wann die Deckung zu Stande gebracht wurde, und liest die Nonien des Kreises ab. Hierauf trägt man den Schlitten sammt dem angeschraubten Auflegmagnete auf die entgegengesetzte Seite der Schiene nach *W'* (Fig. XIII) über, verfährt wie früher, und bringt nach beruhigtem Magnete das Spiegelbild mit dem Faden zur Deckung, worauf wieder die Zeit angemerkt und der Kreis abgelesen wird. Diese Ablenkung wird in der Regel von der frühern nicht sehr verschieden sein, wohl aber entsteht eine bedeutend verschiedene Ablenkung, wenn nun der Magnet zwar in *W'* gelassen, aber sammt dem Schlitten gewendet wird, so dass er nun den entgegengesetzten Pol dem freien Magnete zukehrt. Um jetzt das Fernrohr wieder auf das Spiegelbild einstellen zu können, muss man das Gestell *Y Z Z' Y'*, nachdem die Klemmschraube *F* gelöst wurde, wieder so lange verrücken, bis der Magnet *M M'* frei wird, und die Einstellung hervorgebracht werden kann. Die vierte Einstellung endlich wird gemacht, nachdem der Auflegmagnet, ohne ihn zu wenden, von *W'* nach *W* übertragen worden und dort in der genauen Entfernung aufgelegt worden ist. Zwischen der zweiten und dritten Einstellung kann man das Thermometer, welches in der Nähe des Auflegmagnetes aufgehängt worden ist, ablesen.

52. Verfahren bei den Schwingungsdauern.

Zur Beobachtung der Schwingungsdauer des Auflegmagnetes wird derselbe an einen Spiegel z (Fig. XIV) angeschraubt, die Schiene *UV*, nachdem der kleine Magnet *MM'* durch die Schraube *K* wieder festgeklemmt worden ist, weggenommen, und an ihrer Statt die Glasglocke *de* in die Pfanne *S* eingesetzt. Vom Teller $\varepsilon\theta$ wird der Glassturz abgeschraubt und der Magnet *mn* sammt Spiegel an den Faden gehängt, hierauf die Glasglocke wieder so darüber gegeben, dass das Planglas η dem Fernrohr gegenüber ıt. Durch Drehen des Gestelles *Y Z Z' Y'* bringt man es

leicht dahin, dass auch der Spiegel η senkrecht auf der Achse des Fernrohres steht, und nachdem er beruhigt, und dem Fernrohre durch die Schraube S T die gehörige Stellung gegeben worden ist, wird man das Spiegelbild in demselben erblicken, wobei es jedoch sehr räthlich ist, durch einen über die Glasglocke gelegten schwarzen Uebersturz von dünner Pappe, welcher nur für das Planglas η eine Oeffnung hat, das Seitenlicht abzuhalten, um die Deutlichkeit des Spiegelbildes zu erhöhen. Man kann die horizontalen Schwingungen des Magnets so weit verkleinern, dass sie ungefähr die Hälfte des Gesichtsfeldes betragen, und dann die Beobachtung der Schwingungsdauern nach dem in 43 angedeuteten Verfahren beginnen.

53. Abänderungen am magnetischen Theodoliten.

In einem zweiten Theodoliten, der für die Bereisung der österreichischen Monarchie angeschafft wurde, wird der Auflegmagnet ohne Schlitten unmittelbar auf die Schiene (Fig. XXI a) gelegt, und ist deswegen (Fig. XXI b) an seinen Enden mit Löchern a und b versehen, davon eines zur Aufnahme des an der Schiene befindlichen Zapfens A dient, während das andere eine ebenfalls an die Spitze angeschraubte elastische Feder B umschliesst, die ihn an den Zapfen A andrückt, und dadurch seine unveränderte Lage und Entfernung vom freien Magnete sichert.

Die Schwingungsdauern werden bei diesen Theodoliten nicht mit dem Fernrohre, sondern mit dem freien Auge beobachtet, wobei man den Magnet mit dem in seiner Mitte befindlichen Häckchen C am Seidenfaden aufhängt und in das mit einem Glasdeckel versehene Kästchen (Fig. XIX a) verschliesst, an welchem zu besserer Absperrung gegen die Luft auch der Faden mit der Röhre D E umschlossen ist. Auf dem Grunde des Kästchens befindet sich ein in Grade getheilter Kreisbogen F G, (Fig. XIX b) vor welchem die Spitze des Magnetes sehr nahe vorüber streicht, wobei man stets die Zeit des Vorübergangs am Nullpunkte (dem mittleren Punkte) des Gradbogens bei jeder 3. oder 5. Schwingung anmerkt. Da hiebei die Schwingungsbögen viel grösser sein müssen, als im vorigen Apparate, so muss man die wegen der Grösse dieses Bogens nöthige Correction (Siehe 56 c) an die Schwingungsdauern anbringen. Dieser Apparat kann mit der durch den Boden des Kästchens

durchgehenden Schraube *H*, die an der Basis des Fadenhälters angebracht ist, an den Theodoliten angeschraubt werden.

54. Correction des Ablenkungswinkels.

Sind v_1 und v_2 die Ablesungen auf dem Kreise, wenn der frei schwebende Magnet von dem Auflegmagnete in derselben Richtung, z. B. mit der Nordspitze gegen Westen; v_3 und v_4 aber die Ablesungen, wenn er gegen Osten abgelenkt wird, so müsste, wenn der Apparat vollkommen wäre, und keine Beobachtungsfehler eintreten würden, $v_1 = v_2$ und $v_3 = v_4$ sein. Die Verschiedenheit dieser Winkel fordert eine Correction, für welche Lamont (Handbuch des Erdmagnetismus S. 31) folgende Formel gibt:

Ist $\delta v_1 = v_1 - v_2$, $\delta v_2 = v_3 - v_4$, und $\varphi = \frac{1}{4}(v_1 + v_2 - v_3 - v_4)$, wo die Theilung des Theodolitenkreises von Norden nach West zunehmend gedacht wird, so ist die Correction

$$d\varphi = \tfrac{1}{2}(\delta v_1^2 + \delta v_2^2).\ 1'.\ 0472\ (\tfrac{1}{2}\ tg.\ \varphi + \tfrac{1}{2}\ Cotg.\ \varphi) = (\delta v_1^2 + \delta v_2^2).A$$

Die Grössen δv_1 und δv_2 sind in Graden und Zehnteln derselben gegeben, die Correction $\delta\varphi$ erhält man in Minuten und deren Theilen, dann ist der corrigirte Ablenkungswinkel

$$\varphi^1 = \varphi - d\varphi$$

Die Berechnung wird durch folgende Tafel der Grösse

$$A = 0.5236\ (\tfrac{1}{2}\ tg.\ \varphi + {}^1\ Cotg.\ \varphi)$$

erleichtert.

φ	A	Diff. für 1°	φ	A	Diff. für 1°
5°	1.003		45°	0.152	−0.0008
10	0.515	−0.0660	50	0.151	+0.0002
15	0.343	−0.0252	55	0.154	+0.0012
20	0.263	−0.0125	60	0.163	+0.0027
25	0.218	−0.0074	65	0.181	+0.0044
30	0.189	−0.0048	70	0.207	+0.0086
35	0·170	−0.0030	75	0.267	+0.0180
40	0.159	−0.0018	80	0.387	

Beispiel:

$\varphi = 58^0\ 56'.7$, $\delta v_1 = 2'.9$, $\delta v_2 = 6'.3$, $\delta v_1^2 = 8.41$, $\delta v_2^2 = 39,69$, $\delta v_1^2 + \delta v_2^2 = 48.10$, $A = 0.160$, $d\varphi = (\delta v_1^2 + \delta v_2^2)\ A =$
$= (48.10)\ (0.160) = 7'.7$

daher

$$\varphi^1 = \varphi - d\varphi = 58^0\ 49'.0$$

55. Vereinfachung der Beobachtungen und Rechnungen

Man kann sich aus der im vorigen Beispiele (in 49) auseinandergesetzten Intensitäts-Bestimmung überzeugen, dass wenn man sich bei dem Werthe von T mit vier Decimalen begnügt, in welchem Falle fünfstellige Logarithmen hinreichen, und die Torsion möglichst weggebracht hat, die Ausführung der Beobachtungen so wie ihre Berechnung sehr vereinfacht werden. Die Correction der Schwingungsdauer wegen des Ganges der Uhr kann vernachlässigt werden, so lange er nur eine oder zwei Secunden im Tage beträgt, ebenso die Torsion, welche bei einfachen Seidenfäden um vieles geringer ist, als bei zusammengesetzten, um so mehr, da bei diesen Bestimmungen der Nadel durch keine Gewichte beschwert wird, also an einem verhältnissmässig dünneren Faden aufgehangen werden kann. Fällt auch die Correction wegen des Schwingungsbogens weg (was man sich jedoch nur erlauben darf, wenn die Schwingungen mit dem Fernrohre, nicht aber, wenn sie mit freiem Auge beobachtet werden), so bleiben nur die Correctionen wegen Wärme und Aenderung der Intensität übrig. Da aber eine Beobachtung mit diesem Instrumente innerhalb des kurzen Zeitraumes einer halben Stunde bequem abgethan werden kann, so wird man an Tagen und Stunden, wo keine grossen Aenderungen der Intensität vor sich gehen, annehmen können, dass die gefundene Intensität dem Scalentheile des Variations-Apparates entspreche, der zur Zeit der Mitte der Beobachtung abgelesen worden ist. In den spätern Vormittags- und ersten Nachmittagsstunden sind diese Aenderungen gewöhnlich gering, weil zu jenen Stunden ein Minimum der Intensität Statt findet. Man wird daher gut thun, diese Tageszeit für die Intensitätsbestimmung zu wählen.

Der oben beschriebene, magnetische Theodolit ist mit drei Auflegemagneten versehen, mit welchen man, wenn J die Schwingungsdauer bei der Temperatur t, φ^1 den corrigirten Ablenkungswinkel bei der Temperatur t' bedeutet, die Intensität durch folgende Gleichungen findet:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Magn. 1, Log. Int.} = 0.54648 - \log. J - \frac{1}{2}\log. \text{Sin}\,\varphi^1 - 0.0000082t' + 0.000146\,(t-t') \\ \text{Magn. 2, Log. Int.} = 0.53889 - \log. J - \frac{1}{2}\log. \text{Sin}\,\varphi^1 - 0.0000082t' + 0.000174\,(t-t') \\ \text{Magn. 3, Log. Int.} = 0.54045 - \log. J - \frac{1}{2}\log. \text{Sin}\,\varphi^1 - 0.0000082t' + 0.000114\,(t-t')\end{array}\right\} M$$

56. Beispiel der Intensitätsbestimmung mit dem magnetischen Theodoliten.

Am 17. April 1849 wurden mit diesem Theodoliten folgende Beobachtungen in Prag angestellt:

a. Ablenkungen.

Magnet 1.

$23^h\,11'$	Chron. Zeit,	$v_1 = 306^0\,22'.50$	$t' = +7°.0$ Réaumur.	$\delta v_1 = 1°.9$	
23 17	„ „	$v_2 = 304\ 27.75$			
23 21	„ „	$v_3 = 193\ 55.00$		$\delta v_2 = 2.3$	
23 25	„ „	$v_4 = 191\ 36.25$			

Magnet 2.

$23^h\,31'$	Chron. Zeit,	$v_1 = 314^0\,34'.75$	$t' = +7°.2$	$\delta v_1 = 1.3$	
23 34	„ „	$v_2 = 313\ 15.25$			
23 37	„ „	$v_3 = 179\ 30.50$		$\delta v_2 = 2.5$	
23 41	„ „	$v_4 = 182\ 2.25$			

Magnet 3.

$23^h\,50'$	Chron. Zeit,	$v_4 = 185^0\,42'.50$	$t' = +7°.7$	$\delta v_2 = 0.7$	
23 57	„ „	$v_3 = 186\ 27.25$			
0 8	„ „	$v_2 = 311\ 1.10$		$\delta v_1 = 1.1$	
0 15	„ „	$v_1 = 309\ 54.35$			

b. Schwingungen mit kleinen Schwingungsbögen.

Es wurde jeder fünfte Durchgang in Chronometer-Schlägen beobachtet, deren 150 auf die Minute gehen (nach 43).

Magnet 3.

$0^h\,32'$	5^s +	$33'$	99^s +	$35'$	44^s +	$36'$	138^s +	$t = 7°.5$
	29 —		123 —		78 —	37	12 —	
	53 +		148 +		93 +		37 +	
	78 —	34	22 —		117 —		61 —	
	102 +		47 +		142 +		86 +	
	127 —		71 —	36	16 —		110 —	
	1 +		96 +		41 +		135 +	
	26 —		120 —		64 —	38	9 —	
	50 +		145 +		89 +		34 +	
	74 —	35	19 —		113 —		58 —	

Magnet 2.

| | | |

Es ist demnach die Dauer von 100 Schwingungen

$$3'\,39''.1 = 3'\,15''.64 = 195''.64$$

also die Schwingungsdauer $J = 1''.9564$ um $0^h35'$ Chronom. Zeit.

Für Magnet 2 ist

aus der 1. u. 3. Reihe,	aus der 2. u. 4. Reihe
3' 29"	3'116"
30	116
29	115
29	116
29	115
29	115
28	115
29	115
28	115
29	114
Mittel = 3'28. 9	Mittel = 3'115. 2
= 3'11".56	= 3' 46".08

Da die 4. Reihe verspätet ist, so sind zwischen ihr und der 2. Reihe mehr als 100 Schwingungen gemacht worden, und man wird ihre Anzahl finden, wenn man das Intervall

$$3'46''.08 = 226''.08$$

durch das aus der 1. und 3. Reihe folgende Intervall = 191.56 dividirt. Die Division gibt den Quotienten 118, und die Dauer von 100 Schwingungen ist daher

$$\frac{226''.08}{1.18} = 191.59$$

und aus der 1. und 3. Reihe = 191.56.

Demnach die Schwingungsdauer $J = 1.91575$ um $0^h47'$ Chron. Zeit.

Auf gleiche Weise findet man für Magnet 1 die beiden Intervalle

$$3'\ 61''.0 \text{ und } 3'\ 60''.9$$

und daraus die Schwingungsdauer

$$J = 2''.0478 \text{ um } 1^h\,2' \text{ Chron. Zeit.}$$

c) Ergebniss der Beobachtungen.

Setzt man nun die gefundenen Werthe von J, φ^1, t und t' in die Gleichungen M (in 45), so werden sie

für Magnet 1.... Log. Int. $= 0.54648 - 0.31129 - \frac{1}{2}(9.92013)$ [1])
$- 0.00006 + 0.000146\ (+0.2)$
$= 0{,}54651 - 0.27142 = 0.27509$
Hor. Int. $= 1.8840$ um $\frac{1}{2}(23^h\,18' + 1^h\,2')$ Chron.
oder da das Chronometer um 1 zu spät ging, um $0^h\,11'$ mittl. Zeit [2])

für Magnet 2.... Log. Int. $= 0.53889 - 0.28234 - \frac{1}{2}(9.96255)$
$- 0.00006 + 0.000174\ (+0.1)$
Hor. Int. $= 1.8847$ um $\frac{1}{2}(23^h\,36' + 0^h\,47')$ Chr.
Zeit oder um $0^h\,13'$ mittl. Zeit

für Magnet 3.... Log. Int. $= 0.54045 - 0.29146 - \frac{1}{2}(9.94668)$
$- 0.00006 + 0.000114\ (-0.2)$
$= 0.54045 - 0.26488 = 0.27557$
Hor. Int. $= 1.8861$ um $\frac{1}{2}(0^h\,2'. + 0^h\,35')$ Chr.
Zeit oder um $0^h\,19'$ mittl. Zeit.

Im Mittel aus allen drei Bestimmungen ist daher die horizontale Intensität um $0^h\,14'$ . . . . $H = 1.88493$.

Zu dieser Zeit gab der Variations-Apparat die auf die Temperatur $= 0^0$ reducirte Ablesung

254.15

d) Schwingungen mit grösseren Schwingungsbögen.

Wenn aber die Schwingungsdauern mit freiem Auge beobachtet werden, so müssen die Bögen viel grösser sein als im vorigen

---

[1]) Manchen Rechnern, welche in dem Gebrauche der Logarithmen weniger Uebung haben, macht die Behandlung der trigonometrischen Grössen, wenn sie in der Rechnung vorkommen, einige Schwierigkeit. Da jeder Sinus, dessen Winkel nicht 90^0 beträgt, kleiner als die Einheit (der Halbmesser), mithin ein echter Bruch ist, so muss man die aus der Logarithmentafel genommene Zahl *log. Sin.* $56^0\,18'\,37 = 9.92013$ als gleichbedeutend mit $9.92013 - 10$ oder, was dasselbe ist, mit $19.92013 - 20$ annehmen, und dann ist $\frac{1}{2}(19.92013 - 20) = 9.96007 - 10$. Die negativen Zahlen der Gleichung sind dann

$$\begin{array}{r} -\ 0.31129 \\ -\ 9.96007 - 10 \\ -\ 0.00006 \\ \hline \text{Summe} = -\ 10.27142 - 10 \\ = -\ 0.27142 \end{array}$$

wie im Texte.

[2]) Das tägliche Zurückbleiben des Chronometers gegen mittlere Zeit betrug $1''\,6$.

Beispiele, und dann muss man die erforderliche Correction anbringen. Am einfachsten kömmt man dabei zum Ziele, wenn man, vorausgesetzt, dass die Schwingungszahl nicht sehr gross, nicht viel über 100 ist, sie nach der Formel berechnet (Lamont. Handbuch S. 74).

$$-\frac{1}{16} J^1 \left(\frac{h_1 + h_n}{2}\right)^2 (Sin\ 1^0)^2$$

wo J^1 die uncorrigirte Schwingungsdauer,

h_1 der Schwingungsbogen am Anfange,

h_n „ „ am Ende der Reihe ist, beide in Graden und deren Theilen ausgedrückt. So zum Beispiel erhält man für die folgende aus vier Reihen bestehende Beobachtung, in welcher A, B, C, D die zu Anfang einer jeden aus 50 Schwingungen bestehenden Reihe angemerkten Schwingungsbögen, E den nach der letzten Reihe bemerkten bedeuten, und wo jeder fünfte Durchgang beobachtet wurde: [1])

$A=11^0.0$	$B=8^0.1$	$C=5^0.7$	$D=4^0.0$
$23^h\ 7'\ 2''.3+$	$8'\ 36''.7+$	$10'\ 11''.7+$	$11'\ 46''.5+$
11.6—	46.2—	21.2—	56.0—
21.0+	56.0+	30.7+	$12\ \ 5.3+$
30.5—	$9\ \ 5.7-$	40.2—	14.8—
40.2+	15.0+	49.7+	24.2+
49.5—	24.4—	59.3—	33.7—
59.2+	33.7+	$11\ \ 8.6+$	43.2+
$8\ \ 8.6-$	43.0—	18.2—	52.8—
18.0+	52.7+	27.7+	$13\ \ 2.3+$
27.3—	$10\ \ 2.3-$	37.2—	12.0—

$$E = 2^0.8.$$

Die aus der 1. und 3. Reihe folgende Schwingungsdauer ist

$$J_1^1 = 1.''8963$$

die aus der 2. und 4. Reihe folgende Schwingungsdauer ist

$$J_2^1 = 1.8951.$$

---

[1]) Die hier angegebenen Schwingungsbögen werden von dem mittleren Punkte der Schwingung, in welchem die Nadel zur Ruhe kommen würde, gerechnet, betragen daher nur die Hälfte des zwischen den beiden Schwingungsgrenzen enthaltenen Bogens.

Man findet nun für J_1^1	für J_2^1
$\frac{h_1+h_2}{2}=\frac{A+D}{2}=7°50$	$\frac{h_1+h_2}{2}=\frac{B+E}{2}=5°45$
$2\,log.\,(7°50)=1.75012$	$2\,log.\,(5°45)=1.47280$
$2\,log.\,sin\,1^0=6.48372$	$2\,log.\,sin\,1^0=6.48372$
$log.\,J_1^1=0.27791$	$log.\,J_2^1=0.27763$
$C\,log.\,16=8.79588$	$C\,log.\,16=8.79588$
$log.\,Correct.=7.30763$	$log.\,Correct.=7.03003$
$Correct.=-0.0020$	$Correct.=-0.0011$
$J_1^1=1.8963$	$J_2^1=1.8951$
$J=1.8943$	$J=1.8940$

Wenn etwa die Zeit nicht hinreichen sollte, die Bögen *B*, *C* etc. während den Schwingungsbeobachtungen anzumerken, so kann diess auch in einer besonderen, eigens für diesen Zweck veranstalteten Schwingungsreihe geschehen. Diese Bögen können ohnehin, wenn man die Beobachtung stets bei derselben Schwingungsweite beginnt, ein für allemal bestimmt werden, da ihre Werthe in diesem Falle sehr nahe dieselben bleiben.

III. Inclination.

57. Beschreibung des Apparates.

Der Apparat, mit welchem die Neigung der magnetischen Kraft gegen den Horizont (die Inclination) beobachtet wird, ist in den Figuren XXIV bis XXXV abgebildet. Fig. XXIV stellt in *ABCD* ein Kästchen mit Seitenwänden von Kupfer dar, das, wenn das Instrument zur Beobachtung aufgestellt wird, vorne ganz frei, bei der Verpackung jedoch mit einer dünnen Holzwand, die zur Befestigung der hinter ihr befindlichen Bestandtheile dient, bedeckt ist. Die Hinterwand ist von Glas und auf ihr ist der breite Kreis *EF* matt geschliffen, damit auf diesem matten Hintergrunde die mit den Mikroskopen *G* und *H* gesehenen Spitzen der Nadel *I* und *K* desto deutlicher erscheinen. Die Mikroskope lassen sich, wenn die Klemmschraube *L* gelöst ist, längs einem getheilten Kreise bewegen, und führen die Nonien mit sich, auf welche die Loupen *M* und *N* eingestellt werden. Der Rand der Nonien ist 174.5 Millim. von einander entfernt, und der Kreis ist von 10 zu 10 Minuten getheilt. Die feine Bewegung der Mikroskope geschieht durch die Mitrometerschraube *S*, wenn die Klemme *L* geschlossen ist.

Die sinnreiche Art, auf welche der Kreis befestigt ist, ohne durch irgend eine Stütze manche Stellung der Nadel zu verdecken, ersieht man aus dem in Fig. XXVI dargestellten Durchschnitte des Instrumentes. *PQ* stellt eine in der Mitte bei *R* durchbohrte Glaswand dar. Durch diese Oeffnung geht ein mit einem Schraubengewinde versehener Zapfen, der an dem untern Ende auf der Kreisfläche *TU* aufsitzt, welche an die Glaswand angelegt wird, während auf der entgegengesetzten Seite die Schraubenmutter *VW* dagegen drückt, und den Kreis sammt Zugehör festhält. Die Röhren der Mikroskope reichen bis ganz nahe an diese Glaswand.

Diese Glaswand *PR* und der Glasdeckel *AC* bilden ein eigenes ziemlich luftdicht verschlossenes Fach, in welchem sich die Nadel *IK* befindet, die auf zwei concentrischen Glascylindern aufruht, von denen der äussere, wie man in Fig. XXVII sieht, zwei polirte Flächen darbietet, auf denen die dünnen Zapfen der Nadelaxe während der Beobachtung aufliegen. Der äussere Durchmesser dieses Cylinders ist 34 Millimeter, der innere ist 27 Mill. Der innere Cylinder, dessen äusserer Durchmesser auch nahezu 27 Millim., dessen innerer Durchmesser 20 Millim. ist, enthält zwei gabelförmige Einschnitte, die bestimmt sind, die dickeren Zapfen der Nadelaxe (welche in dem Fig. XXV gegebenen Grundrisse bei *a* und *a'* sichtbar werden) aufzunehmen, wenn die Nadel beruhigt oder umgelegt werden soll. Beide Cylinder haben der ganzen Länge nach einen 4.5 Millim. breiten Durchschnitt *KK'* Fig. (XXVI), in welchem die Nadel ihre Schwingungen vollbringt. In dem unteren Theile ist überdiess ein Loch gebohrt (X Fig. XXIV), durch welches man die untere Spitze der Nadel sieht, wenn sie senkrecht steht.

Der innere Cylinder steht, im Beobachtungsstande des Instrumentes nämlich, wenn die Nadel mit ihren dünnen Axenenden auf den polirten Flächen des äusseren Cylinders aufliegt, mit diesem gleich hoch wie in Fig. XXVII und dann wirken seine Gabeln nicht, sondern lassen der Bewegung der Nadel freien Spielraum, und bewirken nur, dass sie von ihren ebenen Lagern nicht abgleiten könne. Um sie mit den Gabeln an den dickeren Zapfen zu fassen, muss der innere Cylinder ohne

dem äusseren erhoben werden können, so dass er die in Fig. XXVI dargestellte Lage annehme. Diess geschieht durch einen kleinen Zapfen *Y*, der an der Mitte seiner Basis befestigt ist. Unter diesen wird ein Keil *Z* (Fig. XXVII und XXIX) mittelst der Stange *bd* eingeschoben, die unter dem Boden des Kupferkästchens so angebracht ist, wie es Fig. XXIV zeigt, und den Zapfen so wie den daran befestigten Glascylinder so weit hebt, dass die Nadel nicht mehr auf den dünnen Axenenden und den ebenen Lagern, sondern in den Gabeln auf den dickeren Zapfen aufliegt. Dadurch wird ihre Reibung so vermehrt, dass ihre Schwingungen sogleich aufhören, so wie sie auch von jeder Verbiegung ihrer Axen durch irgend einen Stoss gesichert ist.

Da die Beobachtungen erfordern, dass die Nadel umgelegt werden könne, dass nämlich das Axenende, das nun dem Kreise zugekehrt ist (Fig. XXV, *a'*), von ihm weg, und das entgegengesetzte *(a)* ihm zugewendet werde, so befindet sich an diesem Cylinder auch eine Vorrichtung, durch welche derselbe sammt der in den Gabeln liegenden Nadel (welche jedoch eine senkrechte Stellung haben muss) um seine verticale Axe gedreht werden kann. Man sieht in der Fig. XXIV, XXV unter dem Boden des Kästchens noch eine kleine Stange *ef* mit einem Zäpfchen in *f* zum Anfassen, deren Krümmung und Verbindung mit dem Zapfen *Y* aus Fig. XXVIII ersichtlich wird, wo auch die Feder *g* angedeutet ist, welche diese Stange und somit auch den inneren Cylinder im Beobachtungsstande des Instrumentes durch verstärkte Reibung in unverrückter Stellung hält. Wollte man also z. B. den Cylinder sammt Nadel aus der Lage, die er in Fig. XXVII zeigt in die entgegengesetzte bringen, wo die jetzt abgekehrte Gabel dem Beschauer zugewendet ist, so stelle man das ganze Kästchen so, dass die Ebene des Kreises und die Schwingungsebene der Nadel senkrecht auf den magnetischen Meridian stehen. In dieser Lage wird die Nadel, wenn sie auf ihre glatten Lager aufgelegt wird, eine senkrechte Stellung annehmen, und wenn sie diese hat, so hebe man durch Hineindrücken der Stange *bd* (Fig. XXIV) den inneren Cylinder so, dass sie an den dickeren Enden mit den Gabeln erfasst, und gehoben wird. Nun kann durch einen leichten Druck das Zäpf-

chen *f* aus der Feder *g'* (Fig. XXIV) losgemacht, um eine halbe Umdrehung herumgeführt, und in die Feder *g* eingelegt werden, wodurch die Umlegung des Cylinders und der Nadel, ohne das Kästchen zu öffnen, und die Nadel zu beunruhigen, bewerkstelligt ist.

Auch der äussere Cylinder kann bei senkrechter und erhobener Lage der Nadel umgedreht werden, wodurch die Lager ihren Platz wechseln. Diess geschieht durch die auf dem Boden des Kupferkästchens aufliegenden Drähte *h i*, *h' i'* (Fig. XXIV, XXV, XXVII), an deren Enden Schnüre angebracht sind, die sich um einen an der Basis des äusseren Cylinders befestigten Ring herumschlingen (Fig. XXVIII), und ihn, wenn sie auf der einen oder der anderen Seite angezogen werden, zu einer Drehung um 180°. nöthigen, deren genauer Werth durch die Schrauben *k* und *k'* geregelt wird, an welche ein vom Ringe hervorstehendes Zäpfchen anstösst.

Die verticale Lage des Kreises, der Glaswand und der Cylinder wird durch die auf dem Boden des Kästchens angebrachte Libelle *m m'* (Fig. XXIV und XXV) angezeigt, welche, wenn ihre Axe mit dem Boden parallel ist, durch die drei Fussschrauben des Instrumentes dahin gebracht wird, dass die Blase in jeder Richtung des Kästchens einspielt. Ist dieser Parallelismus nicht vorhanden, so muss die Libelle selbst nach dem in 20 angegebenen Verfahren corrigirt werden, zu welcher Correction die zwei Schraubenköpfe *n* und *n'* (Fig. XXVI) dienen, auf denen ihr eines Ende aufruht, und die, nachdem das Klemmblättchen *l l'* gelockert worden ist, erhöht oder vertieft werden können, wie es ihre Lage erfordert.

Die gehörige Lage des Kästchens, des Kreises und der Schwingungsebene der Nadel gegen den magnetischen Meridian wird durch einen getheilten Horizontalkreis *p p'* (Fig. XXIV, XXV, XXVI) hervorgebracht, der mit einem Nonius *q*, einer Klemm- und Mikrometerschraube *r* und *t* versehen ist. Um den magnetischen Meridian schnell aufzufinden dient ein Stift (Fig. XXXI), der an seinem Ende mit zwei in die Gabeln des inneren Glascylinders passenden Zapfen und einer Spitze versehen ist, so dass er in den Cylinder eingelegt und die Nadel einer gewöhnlichen Boussole auf die Spitze aufgesetzt werden kann,

welche sich in die Richtung des Meridians stellen, und die Lage des Kästchens angegeben wird, in welcher der Durchschnitt der Cylinder (die Schwingungsebene der Nadel) dieser Richtung parallel ist. Wenn kein solcher Stift vorhanden wäre, so kann man eine Boussole auf den oberen Boden des Kupferkästchens stellen, und während die Inclinationsnadel entfernt wird, der Glaswand eine der Boussole parallele Richtung geben. Endlich kann, jedoch mit weniger Verlässlichkeit, die Inclinationsnadel selbst zur Auffindung des Meridians dienen, indem diess jene Ebene ist, in welcher sich die Nadel vertical stellt, daher man nur das Kästchen so lange zu drehen hat, bis diese verticale Lage erfolgt ist, welche durch das in den Cylindern gebohrte Loch X (Fig. XXIV) beobachtet werden kann, und nun ist es dem magnetischen Meridian nahezu parallel. Hat man auf die eine oder die andere Weise diese Lage gefunden, so wird die Stellung des Nonius auf dem horizontalen Kreise abgelesen und angemerkt, um das Kästchen nach jeder Drehung wieder in diese Stellung bringen zu können.

Die Axen lassen sich aus den Nadeln herausnehmen, wie man aus Fig. XXXII sieht, da eines der kreisrunden Blättchen q q' (Fig. XXVI), das als Schraubenmutter dient, abgeschraubt, und der Axencylinder aus dem in der Nadel ausgedrehten Loche herausgezogen und in anderer Lage wieder hineingegeben werden kann, damit wenn etwa zu besorgen wäre, dass die Axenenden der Nadel durch vielfachen Gebrauch an dem einen Theile abgenützt seien, eine andere Seite derselben verwendet werden könne. Die Länge einer Nadel ist 233 Millimeter, ihre Breite in der Mitte 9,5 Millimeter, die dünneren Zapfen der Axe haben einen halben, die dickeren einen Millimeter Durchmesser.

Das Instrument ist von Herrn Repsold in Hamburg mit jener Vollendung ausgeführt, die man an allen aus seiner Werkstätte hervorgehenden Apparaten zu bewundern gewohnt ist. Die Aufhängung des ziemlich gewichtigen Kreises sammt Zubehör an einer nicht sehr dicken Glastafel ohne Gegengewicht, erregte Anfangs einige Besorgniss über die Gebrechlichkeit desselben, besonders während langen Reisen, wozu es dienen sollte. Allein die vortreffliche Verpackung behob bald jeden Zweifel, und wirklich wurde das Instrument von vierjährigen Reisen, welche zusammen wohl

über zwei tausend Meilen betrugen, ohne der geringsten Beschädigung zurückgebracht.

58. Verfahren bei der Beobachtung.

Das Verfahren, mit diesem Instrumente die Inclination zu finden, ist sehr einfach. Hat man den Boden des Kästchens mittelst der Fussschrauben horizontal gestellt, so dass die Libelle in jeder Richtung einspielt, so suche man den magnetischen Meridian auf eine der Arten, welche früher angegeben worden sind, und lasse das Kästchen in demselben stehen, wobei der Nonius des Horizontalkreises z. B. die Theilung *N* anzeigt, hebe den inneren Cylinder durch Unterschieben des Keiles *Z* empor, und lege die Inclinationsnadel in die Gabeln. Hierauf ziehe man den Keil *Z* sanft zurück, dass sich die Nadel sachte auf ihre Lager begibt, worauf sie, wenn sie nicht schon die gehörige Richtung hat, zu schwingen beginnt. Durch mehrmaliges Heben und Senken des Gabel-Cylinders, das jedoch stets mit einiger Vorsicht zu geschehen hat, damit die Nadel nicht unsanft auf ihre dünnen Axenende falle, wird man sie bald zur Ruhe bringen, und kann nun die Klemmschraube *L* lösen, um die Mikroskope auf die Nadelspitzen einzustellen. Im Gesichtsfelde der Mikroskope sind mehrere Spinnfäden gezogen, von denen einige ein spitzes Kreuz bilden, wie es in Fig. XXXIII bei horizontaler Lage des Mikroskopträgers dargestellt ist. Man stellt die Spitze der Nadel auf das mittlere Kreuz ein, hebt und senkt sie mittelst des inneren Cylinders zwei- oder dreimal, um zu sehen ob die Spitze nahezu an demselben Punkte zur Ruhe kömmt, und ob sie nicht eine unregelmässige Bewegung zeigt. Ist diess der Fall, so ist meistens Feuchtigkeit oder feiner Staub auf den Axen und Lagern die Ursache, welches am besten mit einem reinen Tuche beseitigt wird. Ist die Bewegung der Nadel langsam und regelmässig, und kömmt sie immer nahe an demselben Orte zur Ruhe, so liest man mit den Loupen die Nonien des Kreises ab. Hat man den Unterschied der Nonien in der Nähe der in Anwendung kommenden Teilungen vielleicht vor der Beobachtung schon untersucht, so kann man sich mit der Ablesung eines Nonius begnügen, und dieselbe um den halben Unterschied beider corrigiren.

Nun sehe man auch durch das zweite Mikroskop und stelle entweder die Spitze auf das mittlere Kreuz ein, worauf man die

Nonien wieder abliest, oder man schätze den Abstand der Spitze vom Kreuze, und verbessere die erste Ablesung um die Hälfte dieses Abstandes. Hiezu dienen die Parallelfäden, welche in dem beschriebenen Instrumente 10 Minuten von einander entfernt sind. Findet man also, nachdem man die erste Spitze auf das Fadenkreuz eingestellt hat, die zweite um $1\frac{1}{2}$ Fadenintervall davon abstehend, so wird man die Ablesung der ersten Spitze um 7,5 Minuten corrigiren.

Hat man auf diese Weise die erste Ablesung bewerkstelligt, so geht man zur zweiten über, welche bei entgegengesetzter Lage des Kreises veranstaltet wird. Man dreht nemlich das Kästchen um eine halbe Umdrehung, so dass die Theilung des Verticalkreises, welche früher z. B. gegen Osten gewandt war, nun gegen Westen steht, stellt es wieder in den magnetischen Meridian, indem man den Nonius des Horizontalkreises auf die Theilung bringt, welche um 180° verschieden ist von der vorigen, nämlich auf $N + 180°$ oder $N - 180°$, beruhigt die Nadel durch Heben und Senken der Gabeln, und untersucht, so wie früher, ob ihre Bewegung ungehindert vor sich geht. Die Ablesung wird so vorgenommen, wie es oben gezeigt wurde.

Nun wird das Kästchen senkrecht auf den magnetischen Meridian gestellt, damit die Nadel eine verticale Stellung annehme, und in dieser Stellung wird sie durch Hebung des inneren Cylinders mit den Gabeln gefasst und erhalten, während man auf die vorher (in 57) angedeutete Weise den Cylinder mit ihr dreht und sie dadurch umlegt. Hierauf wird das Kästchen wieder in den magnetischen Meridian gestellt, also der Nonius des Horizontalkreises auf N oder auf $N \pm 180°$ und sowohl in der einen als in der anderen Stellung eine Ablesung vollbracht, deren nun bereits vier ausgeführt worden sind, nemlich in beiden Lagen der Nadel und des Kreises.

Alle diese Beobachtungen wurden bei derselben Vertheilung des Magnetismus in der Nadel ausgeführt, nämlich so, dass, wenn man z. B. die beiden Nadelspitzen mit A und B bezeichnet, der Nordpol in der Nähe von A, der Südpol in der Nähe von B lag, was durch das Zeichen AN angedeutet werden mag, während BN anzeigt, dass der Nordpol bei B lag. Um den Fehler, der sich in das Ergebniss der Beobachtungen einschleichen würde, wenn die

Axe, um welche die Nadel schwingt, nicht genau in ihrem Schwerpunkte liegt, möglichst unschädlich zu machen, hat man nun eine Umlegung der Pole zu veranstalten, so dass die Combination *BN* eintritt. Zu diesem Zwecke ist der Apparat mit zwei 293 Millim. langen, 17 Millim. breiten und 7 Mill. dicken magnetischen Stahlstäben versehen, welche dienen durch Streichen der Nadel den alten Magnetismus aufzuheben, und ihr neuen in entgegengesetzter Richtung mitzutheilen. Die Nadel wird hiebei auf ein hiezu vorbereitetes Stück Holz gelegt, das in der Mitte mit einem messingenen hervorstehenden Zapfen versehen ist, der in das Loch passt, das in der Nadel für die Axe ausgedreht ist. Diese wird herausgenommen, die Nadel auf das Holz gelegt, und durch den Zapfen am Abgleiten verhindert. Will man die Axe nicht herausnehmen, so muss man statt des Zapfens eine Vertiefung und ein Loch im Holze anbringen, in welchem die Axe sammt den Schraubenplättchen *q*, *q'* (Fig. XXVI) Raum hat. Im ersten Falle, wenn nemlich die Axe herausgenommen wurde, geschieht das Streichen der Nadel am besten, indem man die Streichmagnete in senkrechter Richtung mit den ungleichnamigen Polen auf die Mitte der Nadel aufsetzt, so dass die Enden derselben ungefähr einen halben Zoll von einander entfernt sind, welche Entfernung man durch ein dazwischen gelegtes hölzernes Klötzchen unveränderlich erhalten kann. (Fig. XXXIV.) Sind *S N* und *S' N'* die beiden Streichmagnete, welche mit ihren ungleichnamigen Polen *S* und *N'* auf der Nadel *A B* aufliegen, und in dieser Stellung mehre Male gegen *B*, von *B* gegen *A*, von *A* gegen *B* u. s. f. geführt werden, so erlangt die Nadel an jedem Ende einen Pol, der dem nächstgelegenen Pole des Streichmagnetes entgegengesetzt ist, also, wenn N^1 gegen *B*, S^1 gegen *A* gestellt ist, in *B* den Südpol, in *A* den Nordpol. Nach beendetem Streichen bringt man die Magnete wieder in die Mitte wie sie in der Figur verzeichnet sind, und entfernt sie dann, gleichzeitig mit jedem über das nächst gelegene Nadelende hinstreichend, von der Nadel.

Will man jedoch die Axe nicht herausnehmen, und liegt die Nadel mit derselben auf dem Holze wie in Fig. XXXV, so halte man die Streichmagnete in schiefer Richtung mit den ungleichnamigen Polen an die Mitte der Nadel, ohne an die Axe zu stossen oder sie überhaupt zu berühren, und fahre mit beiden Magneten

gleichzeitig gegen das einem jeden nächstgelegenen Ende der Nadel also mit *S* gegen *A*, während man mit *N* gegen *B* führt. Ist man über die Enden hinausgefahren, so hebe man die Magnete, stelle sie in der Mitte wieder auf die Nadel in der Richtung wie sie die Figur zeigt, und wiederhole das vorige Streichen. Nach sechs bis acht Strichen wird die Nadel, auch wenn sie früher entgegengesetzt magnetisirt war, mit dem neuen Magnetismus gesättigt sein, und jedes Ende einen Pol haben, der dem entgegengesetzt ist, mit dem es gestrichen wurde. Die Folge dieser Operation ist, dass die Nadel, wenn sie wieder auf ihre Lager gelegt wird, jene Spitze, welche früher nach oben stand, nun nach unten senken wird. War also früher der Magnetismus nach der gewählten Bezeichnung *AN*, so wird er nun *BN* sein, oder umgekehrt.

Bei dieser neuen Vertheilung des Magnetismus werden nun wieder vier Beobachtungen angestellt, ganz so, wie früher gezeigt wurde, und aus sämmtlichen acht Ablesungen die Inclination folgender Massen bestimmt:

Sei bei *AN* bei 1. Lage der Nadel bei Kreis Ost die Ablesung a_1,
„ „ „ „ 1. „ „ „ „ Kreis West „ „ a_2,
„ „ „ „ 2. „ „ „ „ Kreis Ost „ „ a_3,
„ „ „ „ 2. „ „ „ „ Kreis West „ „ a_4,
„ „ *BN* „ 1. „ „ „ „ Kreis Ost „ „ a_5,
„ „ „ „ 1. „ „ „ „ Kreis West „ „ a_6,
„ „ „ „ 2. „ „ „ „ Kreis Ost „ „ a_7,
„ „ „ „ 2. „ „ „ „ Kreis West „ „ a_8,

so setze man $P = \frac{1}{8}(a_2 + a_4 + a_6 + a_8)$
$Q = \frac{1}{8}(a_1 + a_3 + a_5 + a_7)$

dann ist der Winkel zwischen der Richtung der Nadel und dem Zenithe oder die Zenithdistanz der Nadel $= P - Q$

also die Inclination $= 90^0 - (P - Q)$.

Man pflegt sich gewöhnlich nicht mit einer einzigen Beobachtungsreihe zu begnügen, sondern nach der Ablesung a_8 die Pole wieder umzulegen, eine neue Reihe bei *AN* zu beginnen, und diese Wiederholung so lange fortzusetzen als man es für nöthig erachtet, um ein verlässliches Ergebniss zu erlangen.

59. Beispiel einer Inclinations-Bestimmung

Am 12. April 1847 zwischen 9 und 10 Uhr Vormittags wurde in Prag die Inclination durch folgende Beobachtung bestimmt:

Meridian bei Kreis Ost $= 332^0 = N$
„ „ „ West $= 152 = N - 180^0$

	Kreis Ost	Kreis West	
	Magnetismus *AN*		
1. Lage der Nadel . . .	$a_1 = 44^0\ 59'$,	$a_2 = 93^0\ 1'$	I.
2. „ „ „ . . .	$a_3 = 47\ 1$,	$a_4 = 95\ 5$	
	Magnetismus *BN*		
1. Lage der Nadel . . .	$a_5 = 47\ 12$,	$a_6 = 94\ 50$	II.
2. „ „ „ . . .	$a_7 = 45\ 17$,	$a_8 = 92\ 42$	
	Magnetismus *AN*		
1. Lage der Nadel . . .	$a_9 = 44\ 55$,	$a_{10} = 93^0\ 3'$	III.
2. „ „ „ . . .	$a_{11} = 47\ 0$,	$a_{12} = 95\ 7$	
	Magnetismus *BN*		
1. Lage der Nadel . . .	$a_{13} = 47\ 8$,	$a_{14} = 94\ 48$	IV.
2. „ „ „ . . .	$a_{15} = 45\ 6$,	$a_{16} = 92\ 50$	

Die Beobachtungen I. und II. geben $P = 46^0\ 57'.25$, $Q = 23^0\ 3'.63$
„ „ II. „ III. „ $P = 46\ 57.75$, $Q = 23\ 3.0$
„ „ III. „ IV. „ $P = 46\ 58.50$, $Q = 23\ 1.13$
„ „ I. „ IV. „ $P = 46\ 58.0$, $Q = 23\ 1.75$

Mittel . . . $P = 46\ 57.875$, $Q = 23\ 2.375$

Zenithdistanz . $= P - Q = 23^0\ 55'.50$
Inclination $= 66\ 4.50$

Variations-Apparate.

60. Erfordernisse der Variations-Apparate.

Man wird sich aus den vorhergehenden Beispielen überzeugt haben, dass Variations-Apparate, an denen die Aenderungen der magnetischen Elemente gemessen werden, durchaus nöthig sind, nicht nur um den Verlauf der magnetischen Erscheinungen in längeren oder kürzeren Zeitfristen zu kennen, sondern auch um die absoluten Werthe dieser Elemente, d. h. jene die ihnen an einem gewissen Orte und zu einer bestimmten Zeit zukommen mit jener Schärfe zu finden, die der gegenwärtige Zustand der Beobachtungsmittel erlaubt. Da ferner die wenigsten Beobachter in der Lage sind, zur Aufstellung der magnetischen Instrumente eigene Gebäude an eisenfreien Orten

aufführen zu können, sondern die Bestimmung der absoluten Werthe entweder im Freien oder in einer hölzernen Hütte vornehmen müssen, wo die Instrumente nur zeitweilig hingebracht werden, so ist es nöthig beide Classen von Beobachtungen, die absoluten und die Variationsbeobachtungen zu trennen, für welche Trennung noch mehr Gründe sprechen.

Man schliesst sogleich auf eine in einem magnetischen Elemente vorgegangene Aenderung, wenn in dem zu seiner Beobachtung bestimmten Apparate der Magnetstab einen geänderten Stand zeigt, welcher Schluss aber nur dann richtig ist, wenn man überzeugt sein darf, dass in dem Apparate selbst oder den auf ihn einwirkenden Umgebungen nichts eingetreten ist, das eine solche Aenderung ganz oder zum Theil hätte hervorbringen können. Der ungeänderte Zustand des Apparates und seiner Umgebungen ist daher die erste Bedingung, unter welcher man eine Aenderung der magnetischen Erdkraft zu erkennen im Stande ist. Da aber, wie man aus dem angegebenen Verfahren bei den absoluten Bestimmungen ersehen hat, hiebei manche Abänderungen im Apparate, Umlegen des Magnetstabes, Herausnehmen desselben und Verwechslung mit einem anderen, Beschweren mit Gewichten u. dgl. unerlässlich sind, so darf man schon deswegen Instrumente, an welchen die absoluten Beobachtungen vorgenommen werden, nicht zu Variations-Beobachtungen geeignet ansehen, weil man nie versichert sein kann, dass auch bei der grössten Vorsicht die einzelnen Bestandtheile nach denselben genau die gegenseitige Lage haben wie vorher, und ihr Stand nicht ein anderer geworden sei. Da man übrigens um die absoluten Bestimmungen genau auszuführen ohnehin noch einen zweiten Apparat braucht, an welchem gleichzeitig die Variationen angemerkt werden, so ist obige Bedingung leicht zu erfüllen. Man hat nur diesen Variations-Apparat an einem Orte aufzustellen, wo er so wenig als möglich gestört wird, und wo auch in seinen nächsten Umgebungen keine Aenderung vorgeht, die auf seinen Stand Einfluss ausüben könnte.

Die Variationsbeobachtungen müssen, wenn sie Ergebnisse liefern sollen, in kürzeren Zwischenzeiten ausgeführt (an manchen Beobachtungsorten geschieht diess von Stunde zu Stunde), und

durch eine Reihe von Jahren fortgesetzt werden, wodurch in Beziehung auf die Localität eine zweite Bedingung gesetzt wird, nämlich eine bequeme Zugänglichkeit und möglichste Nähe von der Wohnung der Beobachter. Dagegen darf man in Betreff des bei den absoluten Beobachtungen als Hauptbedingung erforderten Umstandes, dass die Umgebung völlig frei von Eisen und allen auf den Magnetismus einwirkenden Stoffen sei, hier nicht mit derselben Aengstlichkeit zu Werke gehen, denn die Erfahrung hat vielfältig bewiesen, dass die Aenderungen, welche in der magnetischen Erdkraft eintreten mit derselben Genauigkeit angegeben werden von Apparaten, die in gewöhnlichen Wohn-Zimmern aufgestellt waren, deren Thüren eiserne Schlösser, deren Fenster eiserne Beschläge und Riegel hatten, wie von Apparaten in ganz eisenfreien Localitäten; nur dürfen, wie es sich von selbst versteht, diese im Bereiche des Apparates befindlichen Eisenmassen nicht übermässig gross sein, und ihren Platz nicht ändern, weil mit jeder solchen Aenderung auch eine Aenderung in dem Stande des Magnetstabes vor sich geht.

Die Unveränderlichkeit des Apparates schliesst auch die des Fernrohres in sich, mittelst welchem die Scalentheile abgelesen werden. Um sich hievon zu überzeugen stellt man an einigen Orten, besonders wo eigene Observatorien erbaut werden, den Apparat in die Mitte des Beobachtungssaales, so dass der Spiegel nahezu in derselben Entfernung sich befindet von dem Fernrohre wie von der demselben gegenüberstehenden Wand, und bringt auf dieser ein Zeichen an, das als Mire dient, und an welchem der Stand des Fernrohres geprüft wird. So ist auf der den Beobachtungssaal zu Göttingen darstellenden Zeichnung (Tafel III.) die Mire durch einen darneben gezeichneten Pfeil kenntlich gemacht. Wo die zu einer solchen Stellung der Mire erforderliche Räumlichkeit nicht vorhanden ist, leistet eine Spiegelmire dieselben Dienste. Wenn sich nämlich unmittelbar unter dem am Magnetstabe angebrachten Spiegel eine feste Unterlage befindet, so kann man auf derselben einen zweiten fixen Spiegel anbringen, der von dem beweglichen des Magnetstabes nur so weit entfernt steht, dass jede Berührung vermieden ist. Diesem fixen Spiegel gibt man eine solche Stellung, dass er einen Theil der Scala in das Gesichtsfeld des Fernrohrs wirft, welche

sich von dem durch den Magnetspiegel sichtbar gemachten Scalenstücke durch ihre Unbeweglichkeit unterscheiden wird. Diese unbewegliche Scale kann als Mire dienen, indem, so lange der Mirenspiegel und das Fernrohr unveränderlich sind, stets derselbe Scalentheil unter dem Faden des Fernrohrs erscheinen muss. Dem Spiegel kann man dieselbe Festigkeit geben, welche die Wand selbst besitzt, und dann wird man die Aenderungen, die er anzeigt, den kleinen Verrückungen des Fernrohres zuschreiben, und dasselbe entweder auf seinen früheren Stand wieder einstellen, oder was noch zweckmässiger ist, den Unterschied der Angaben beider im Gesichtsfelde ersichtlichen Scalen als Ergebniss der Beobachtung, und die Aenderungen dieses Unterschiedes als die in der magnetischen Kraft vorgegangenen Variationen ansehen, eine Ansicht, die man um so weniger wird bestreiten können, je öfter man die Richtigkeit der Angaben der Variations-Apparate durch Vergleichung mit den Ergebnissen absoluter Beobachtungen untersucht, um etwaigen Einfluss der Umgebung, in so ferne er nicht ganz unveränderlich sein sollte, zu erkennen und unschädlich zu machen. Da bei dieser Mire und der Art, sie zu benützen, das Fernrohr einen völlig ungeänderten Stand beibehalten kann, so entspricht sie ganz der Hauptbedingung des Variations-Apparates. Ist eine so feste Unterlage, wie hier vorausgesetzt wurde, nicht anzubringen, so kann man den Mirenspiegel auch unmittelbar an der Wand in der durch die optische Axe des Fernrohres gelegten Verticalebene befestigen, so dass seine Ebene senkrecht auf diese Axe steht, wenn das Fernrohr auf ihn gerichtet ist. Statt der Scale kann als Mirenpunkt ein Senkel dienen, welcher an der Decke des Zimmers in solcher Entfernung vom Spiegel angebracht ist, dass die Summe dieser Entfernung und der Entfernung des Objectivs vom Spiegel gleich ist der Summe der Entfernungen der Scale und des Objectivs vom Spiegel am Magnetstabe.

61. Verfahren, die Correctionen anzubringen.

Vermöge der obigen Bedingung ist es auch räthlich die an diesen Apparaten nöthigen Correctionen auf eine Weise anzubringen, dass sie in ihren Angaben so wenig als möglich gestört werden. Manche Beobachter haben, um möglichst genau zu verfah-

ren, die Drehung des Fadens, an dem der Declinations-Stab aufgehängt ist, öfters untersucht, jedoch nach jeder solchen Untersuchung eine Aenderung in der Lage des Stabes gefunden, welche besonders bei mehrfach zusammengesetzten Fäden bedeutend wird, so dass sie diese Untersuchungen aufgaben, und die Torsion ein für allemal oder höchstens in grossen Zeiträumen bestimmten. Bei kleinen Stäben, welche nur ein- oder zweifache Fäden erfordern, kann man diese lange genug machen, damit die Torsion, wenn sie bei der ersten Aufstellung durch das Torsionsgewicht weggebracht wurde, einen so kleinen Einfluss ausübt, dass er ganz vernachlässiget werden kann; wenigstens wird die aus dieser Vernachlässigung hervorgehende Unsicherheit kleiner sein als die durch die oftmalige Correction hervorgebrachte. Doch muss man dabei die Vorsicht gebrauchen, den Apparat luftdicht zu verschliessen, und das Torsionsgewicht (oder noch besser einen dem Magnetstab an Form und Gewicht gleichen nicht magnetischen Stab) so lange an dem neuen Faden hängen zu lassen, bis der Spiegel keine oder nur eine sehr geringe Aenderung zeigt, woraus man schliessen kann, dass der Faden die diesem Gewichte entsprechende Ausdehnung und Lage seiner Theile erlangt habe, und von nun an nur kleine Aenderungen in seiner Drehkraft vorgehen werden. Dass man übrigens die Grösse der Torsion auch nach den früher (in 8) angegebenen Verfahren bei der Aufstellung des Apparates bestimmen könne, versteht sich von selbst, und sollte ihr Betrag nicht zu vernachlässigen sein, so wird er am besten sogleich in den Werth eines Scalentheiles eingerechnet.

Eben so wird man den Wärme-Coëfficienten vor der Aufstellung des Intensitäts-Apparates nach dem (in 48) erwähnten Verfahren suchen; es kann jedoch hiebei der Zweifel entstehen ob der plötzliche Uebergang von Erwärmung zur Erkältung, und umgekehrt, nicht anders auf den Magnetismus wirke, als die in den längeren Zeitfristen der Tages- und Jahreszeiten vor sich gehende Temperaturänderung der Atmosphäre und des Erdbodens. Dieser Zweifel und die schon früher erwähnte Unsicherheit dieser Bestimmung sind Ursache, dass die meisten Beobachter die nicht corrigirten Ablesungen mit Beisetzung der in dem Kasten des Magnetes herrschenden Temperatur ange-

ben, damit man die nöthigen Beobachtungsangaben vor sich habe, ohne welchen Ablesungen der horizontalen Intensitäten eben so wenig brauchbar sind, als Barometer-Ablesungen ohne beigefügter Temperatur.

62. Berechnung des Wärme-Coëfficienten aus den Beobachtungen.

Wenn man den Werth der horizontalen Componente von Zeit zu Zeit untersucht, oder ihn wie es die Beobachtungen der letzten Jahre beweisen, für nahezu constant annehmen kann, so ergibt sich der Wärme-Coëfficient aus den Beobachtungen selbst, wenn man ihn als jene Grösse ansieht, welche die Ablesungen am Variations-Apparate auf den durch die absolute Messung gefundenen Werth zurückzuführen hat. Hiebei kann man, wenn der Magnetstab in Beziehung auf seinen Magnetismus schon mehre Jahre in ungeändertem Zustande gelassen wurde, die Abnahme des Stabmagnetismus vernachlässigen, oder, wenn diess nicht der Fall ist, sie als eine zu bestimmende Grösse in Rechnung ziehen. Die Monatmittel der horizontalen Intensität und der im Kasten des Magnetes abgelesenen Temperatur geben für jeden Monat eine Gleichung, und diese zwölt Gleichungen, die man im Verlaufe eines Jahres erhält, nach der Methode der kleinsten Quadrate behandelt werden zur Berechnung des als unbekannte Grösse darin erscheinenden Wärme-Coëfficienten dienen. Man erhält auf diese Weise, wenn

a den Wärme-Coëfficienten,

M_1, M_2 ... die Monatmittel der Ablesungen am Variations-Apparate,

t_1, t_2 ... die Monatmittel der Ablesungen der Temperatur,

M_0 die auf die Temperatur 0° zurückgeführte Ablesung

bedeuten, für jeden Monat eine Gleichung von der Form

$$M_1 + a t_1 = M_0$$
$$M_2 + a t_2 = M_0 \text{ u. s. f.}$$

in welcher a und M_0 als die zu bestimmenden Grössen angesehen werden.

So findet man aus den Prager Beobachtungen des Jahres 1847, wenn man statt M_1, M_2 .... die Monatmittel der für die

Stande 2' gefundenen Ablesungen in Scalentheilen, und statt ... jene der gleichzeitigen Temperaturen setzt, folgende Gleichungen

für Jänner	$281.75 - a\ (1.52) = M_0$
„ Februar	$242.51 + a\ (1.14) = M_0$
„ März	$226.14 + a\ (2.34) = M_0$
„ April	$184.56 + a\ (6.74) = M_0$
„ Mai	$104.75 + a\ (12.97) = M_0$
„ Juni	$77.56 + a\ (14.69) = M_0$
„ Juli	$44.86 + a\ (17.13) = M_0$
„ August	$29.91 + a\ (17.70) = M_0$
„ September	$68.07 + a\ (13.44) = M_0$
„ October	$119.00 + a\ (8.77) = M_0$
„ November	$171.68 + a\ (4.98) = M_0$
„ December	$197.37 + a\ (3.07) = M_0$

Aus diesen Gleichungen ergeben sich die wahrscheinlichsten Werthe von a und M_0

$$a = 12.3555 \quad , \quad M_0 = 250.16.$$

Wenn man diesen Werth von a in die obigen Gleichungen setzt, so sollte, wenn die gemachte Voraussetzung richtig ist, und die Beobachtungen fehlerlos sind, in allen für M_0 der Werth 250.16 herauskommen. Da diess nicht der Fall ist, so hat sich die Magnetkraft des Stabes nicht ganz gleichmässig mit der Temperatur geändert, sondern es war noch eine zweite Quelle dieser Aenderungen vorhanden, die wahrscheinlich in der allmähligen Abnahme des Stabmagnetismus zu suchen ist. Die übrigbleibenden Fehler sind nämlich:

für Jänner . . .	+12.81	für Juli	+ 6.35
„ Februar . .	+ 6.44	„ August . .	— 1.56
„ März . . .	+ 4.89	„ September .	—16.03
„ April . . .	+17.68	„ October . .	—22.80
„ Mai	+14.84	„ November .	—16.95
„ Juni	+ 8.90	„ December .	—14.86

Im März des Jahres 1847 gaben die absoluten Beobachtungen für die horizontale Intensität den Werth:

$$1.87843,$$

woraus man mittelst der für M_0 übrigbleibenden Fehler auch ihre Werthe in den übrigen Monaten finden kann. So ist z. B.

für den Jänner der übrigbleibende Fehler um 7,92 Scalentheile, oder da ein Scalentheil nahe den 0,0001^ten^ Theil der ganzen horizontalen Intensität beträgt, um 0,000792 grösser als im März. Es ist demnach dieser Werth

im Jänner . . .	1.87922	im Juli	1.87858
„ Februar . .	1.87859	„ August . . .	1.87788
„ März	1.87843	„ September .	1.87634
„ April	1.87971	„ October . . .	1.87566
„ Mai	1.87943	„ November . .	1.87625
„ Juni	1.87883	„ December . .	1.87645

Die Beobachtungen in Greenwich, welche mit einem Wärme-Coëfficienten, der nach dem in 48 angegebenen Verfahren bestimmt wurde, reducirt sind, zeigen einen ähnlichen Gang im Verlaufe des Jahres, wie die Prager, während die Münchner Beobachtungen gar keinen jährlichen Gang andeuten.

63. Zimmer der Variations-Apparate in Prag.

In vielen Fällen steht dem Beobachter zur Aufstellung der Variations-Apparate kein anderes Local als ein gewöhnliches Wohnzimmer zur Verfügung, welches sich auch ganz gut hierzu eignen wird, wenn nur keine beweglichen Eisenmassen in solcher Nähe sind, dass die Aenderungen ihres Standortes eine Verrückung der Magnetnadeln hervorbrächte. Wenn solche Eisenmassen ihren Platz unverändert beibehalten, sind sie weniger zu scheuen. Von der Grösse dieses Locales hängt auch die Ausdehnung ab, die man den Magnetstäben zu geben hat; denn sind zwei oder mehr Apparate in demselben Zimmer aufzustellen, so ist es immer am besten, sie nur so gross zu machen, dass sie in der Entfernung, die man ihnen von einander anzuweisen hat, sich nicht merklich stören, was um so weniger einem Anstande unterliegt, da die Erfahrung gelehrt hat, dass ganz kleine Magnete, wenn man sie luftdicht verschliesst, die Aenderungen mit derselben Genauigkeit anzeigen, wie grosse.

In Prag ist für die Aufstellung und Beobachtungen mit den Variations-Apparaten ein Gemach von 14 Fuss Länge und ungefähr eben so viel in Breite bestimmt, das in Tafel III im Grundrisse und in Tafel IV in der Seitenansicht dargestellt ist. *A* ist der Platz für den Declinations-, *B* jener für den Inten-

sitäts-Apparat, *C* ist ein noch nicht benützter Aufstellungsort für ein Instrument, das die Aenderungen der Inclination anzugeben hat. Das zu *A* gehörige Fernrohr ist in *a*, das zu *B* gehörige in *b* aufgestellt. Die Gestelle für die Fernröhre sind auf einem gut ausgetrockneten 3 Fuss langen, 1 Fuss breiten und 2 Zoll dickem Brete *abd* befestigt, das mit einem Ende einige Zoll tief in der Mauer steckt, und, wie man in Tafel IV sieht, auch durch einen in die Mauer eingerammelten Querbalken *mn* gestützt wird; auch die Scalen *ge* und *ef* sind auf diesem Brete angeschraubt, und mit hervorspringenden Bretchen zur Aufstellung der Lampen versehen. Die Fernröhre befinden sich in einer Höhe von 4 Fuss über den Fussboden, und werden durch zwei schwere, 2¾ Fuss hohe Schubladkästen *hikl*, die im Rechtecke vorgestellt sind, gegen zufällige Stösse und Verrückungen geschützt, *S* ist der Sitz des Beobachters. Gegen Norden und gegen Osten ist ein Fenster. Das letzte ist durch dunkle Vorhänge den hereindringenden Sonnenstrahlen verschlossen. In seiner Oeffnung steht in *E* die Pendeluhr. Da das Zimmer auch für die meteorologischen Beobachtungen dient, wesswegen vor dem nördlichen Fenster das trockene und benetzte Thermometer aufgehängt ist, so befindet sich in *D* das Barometer, an welchem die stündlichen Ablesungen ausgeführt werden. *F* ist ein eisenfreier Ofen, der aber nicht benützt wird.

Wenn zwei oder mehrere Apparate in demselben Zimmer aufzustellen sind, so muss man sich auch überzeugen, ob die Einwirkung, die sie auf einander ausüben, erkenntlich ist oder nicht. Diess kann nach der Aufstellung derselben geschehen, wenn man den Stab des einen Apparates so wendet, dass er dem andern bald den einen bald den andern Pol zukehrt, und jedesmal die Ablenkung des zweiten Apparates, wenn eine vorhanden ist, beobachtet. Kann man keine bemerken, so wirken die Magnete in dieser Entfernung nicht merklich auf einander. Ist aber eine Ablenkung bemerklich, so sehe man, ob sich auch eine solche wahrnehmen lässt, wenn der Stab des einen Apparates nur um 10, 20, 30 etc. Scalentheile gedreht wird, und leite hieraus, wenn sich eine erkennbare Einwirkung ergibt, die Correction für die verschiedenen Lagen ab, welche der Stab in Folge der täglichen und jährlichen Aenderungen einnimmt.

Stehen nur zwei Apparate, ein Declinations- und ein Intensitäts-Apparat in demselben Zimmer, deren Stäbe eine auf einander senkrechte Richtung haben, so ist es am besten, sie so zu stellen, dass die Verbindungslinie der Mittelpunkte beider Stäbe mit dem magnetischen Meridiane einen Winkel von 35° 16′ macht, weil in diesem Falle die mittlere Richtung des Declinations-Stabes durch ihre gegenseitige Einwirkung nicht abgeändert wird.

64. Declinations-Apparat.

Die Magnetstäbe *AB*, Fig. XXXVI und XXXVIII, sowohl des Declinations- als Intensitäts-Apparates sind 6 Zoll lang und ¼ Zoll breit und dick; sie wurden an 6 Fuss langen Fäden aufgehängt, die in dem bei *AP* und *BQ* Tafel IV sichtbaren Kästchen eingeschlossen sind. Ihre oberen Enden sind an einem eingemauerten Querholz befestiget. Jener des Declinations-Apparates ist ein vierfacher Seidenfaden, der eine kleine Hülse *h* trägt, in welche der Magnet gelegt wird, und woran in der Mitte der um eine verticale Axe drehbaren Spiegel *mm′* von 1 Zoll Breite und ½ Zoll Höhe befestigt ist, dessen Seitenansicht in Fig. XXXVII dargestellt wurde. Durch diese Drehbarkeit des Spiegels wird der Vortheil erreicht, dass man nicht genöthigt ist die Scala in der Verlängerung der Nadelaxe und senkrecht auf den magnetischen Meridian zu stellen, sondern dass man ihr jeden beliebigen Ort und irgend eine Richtung anweisen kann. Die Reibung des Spiegels an dieser verticalen Drehungsaxe muss natürlich stark genug sein, dass der Winkel, den seine Ebene mit der Axe des Magnetes macht, unverändert bleibt, und er genöthigt ist, alle horizontalen Schwingungen desselben in gleichem Masse mitzumachen. Durch ein kleines Schräubchen *k* (Fig. XXXVII), welches seine die Axe umfassende Röhre an diese anklemmt, kann diese Bedingung leicht erfüllt werden. Wenn der Apparat nur einigermassen genau gearbeitet ist, so wird die Spiegelebene sehr nahe vertical sein, und die Scala durch eine geringe Verschiebung nach aufwärts oder abwärts leicht dahin gebracht werden können, dass ihr Bild im Fernrohre erscheint, so das eine Drehung des Spiegels zu diesem Behufe unnöthig ist. Sollte man sie jedoch wünschenswerth

finden, so braucht man nur an die Spiegelfassung die Zäpfchen *m* und *m'* anzubringen, welche ein von der Röhre ausgehender Arm *km* (Fig. XXXVII) federnd umfasst, und die eine horizontale Drehungsaxe des Spiegels bilden, welche durch Reibung festhalten wird.

Unterhalb dieses am Magnetstabe befestigten Spiegels befindet sich in geringer Entfernung ein zweiter, der Mirenspiegel *nn'*, welcher an einer in den Stein *MN* eingelassenen Messingplatte angeschraubt ist, und der ebenfalls eine doppelte Bewegung um eine verticale und horizontale Axe hat. Der Stein ist in die Seitenwand des Zimmers eingemauert, und hat eine hinlängliche Fläche, damit er das den Apparat umschliessende Kästchen *CDEF* tragen könne, in welchem der mit einem Planglase versehene Schieber *GHK* angebracht ist.

65. Intensitäts-Apparat.

Wenn ein nicht magnetischer Körper, z. B. ein Messingstab an zwei von einander getrennten Fäden aufgehängt wird, wie in Fig. XXXVIII der Stab *A B* in den Punkten *a* und *b*, und sich in horizontaler Richtung frei drehen kann, so wird er sich so stellen, dass die Fäden *ac* und *bd* ihrer ganzen Länge nach in einer verticalen Ebene liegen, in welcher sich auch die durch den Schwerpunkt des Körpers gezogene senkrechte Linie befindet. Ist der Stab magnetisch, so wird diess nur dann der Fall sein, wenn diese Ebene der magnetische Meridian ist. Macht sie aber mit dem Meridian einen Winkel, so wird der untere Theil der Fäden durch die Drehkraft des Magnetstabes, der sich in die Richtung des magnetischen Meridians zu stellen sucht, aus dieser Vertical-Ebene hinaustreten und sich so lange drehen, bis die Kraft des Magnetes durch die wachsende Drehkraft der Fäden aufgehoben, und zwischen beiden Kräften Gleichgewicht eingetreten ist.

Da die Drehkraft der Fäden sehr nahe dieselbe bleibt, so lange ihre Entfernung von einander und der Drehungswinkel nicht geändert wird, während die Drehkraft des Magnetstabes mit der Stärke des Erdmagnetismus zu- und abnimmt, so kann der Magnetstab nur so lange in der eingenommenen Gleichgewichtsstellung bleiben, als die horizontale Intensität dieselbe geblie-

ben ist. Nimmt sie zu, so wird er sich dem magnetischen Meridiane nähern, bis die durch diese neue Drehung erhöhte Drehkraft der Fäden mit der stärkeren Intensität im Gleichgewichte steht; nimmt sie ab, so muss er sich aus demselben Grunde von dem magnetischen Meridiane entfernen. Man kann daher aus den Aenderungen in der Stellung dieses horizontalen Magnetstabes eben so die Aenderungen der horizontalen Intensität erkennen, wie aus jenen in der Richtung eines an einem Faden aufgehängten Stabes die Aenderungen der Declination abgenommen werden.

Dieser Apparat, welcher wegen seiner Aufhängungsart der Bifilar-Apparat oder das Bifilar-Magnetometer heisst, [1]) ist für einen kleinen Magnetstab in Fig. XXXVIII, für einen grösseren in Fig. XXXIX — XLIV abgebildet, und zwar in seiner natürlichen Grösse, so wie er für einen ungefähr zehnpfündigen Magnetstab auszuführen ist. Es wurde diese Grösse gewählt, weil darin alle Theile der nicht ganz einfachen Vorrichtung, durch welche die Fäden und der Magnetstab in die gehörige gegenseitige Lage gestellt werden, zur deutlichen Einsicht gebracht, und von jedem geschickten Mechaniker auch in kleinerem Maasse ausgeführt werden können.

Fig. XXXIX, XLI und XLII stellen verschiedene Ansichten des Schiffchens vor, in welchem man in Fig. XXXIX den Magnetstab AA' liegen sieht. Es ist mit einem getheilten Kreise versehen, längs welchem sich zwei verschiedene Alhidaden bewegen. Die eine CC', welche durch die Schraube G an den Kreis angeklemmt werden kann, dient, wie man aus dem Durchschnitte Fig. XL sieht, die verticale Stange BB mit dem daran befestigten Spiegel S zu drehen und diese Drehung zu messen. Die andere FF' (Fig. XLI.), welche in einer Oeffnung der oberen Spange des auf der Kreisfläche aufliegenden Schiffchens angebracht ist, durch welche Oeffnung die Kreistheilung gesehen werden kann, misst die Drehung des Magnetstabes gegen die Linie, welche durch die unteren Endpunkte der Fäden gelegt ist. Die Fäden sind an den Schrauben HH und $H'H'$ ange-

[1]) Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins 1837. S. 1 u. f.

knüpft, und liegen in ihren Schraubengängen, durch welche sie verkürzt und verlängert werden können, je nachdem man die Schrauben dreht. Um sie in gleicher Spannung zu erhalten, ist es am besten, nur einen Faden zu nehmen, ihn mit dem einen Ende an die eine der Schrauben, z. B. *H H* anzuknüpfen, ihn dann um die beiden obern Aufhänge-Rollen *M M'* (Fig. XLII und XLIII) zu führen, und hierauf sein zweites Ende an der zweiten Schraube *H' H'* festzumachen. Den Fäden kann durch Näherung oder Entfernung der Schrauben in der Leiste *II*, sowie der oberen Aufhänge-Rollen in ihrer Leiste (Fig. XLII und XLIV) die gehörige Drehkraft gegeben werden, welche immer jene des Magnetstabes um ein Geringes übertreffen soll. Sie sind unveränderlich an dem getheilten Kreise befestigt, drehen sich daher weder mit der einen noch mit der andern Alhidade. Hat man ihnen die gehörige Länge gegeben, so stellt man die Schrauben durch die Gegenmutter *K* und *K'* (Fig. XLI) fest. Dem Spiegel kann noch für sich, unabhängig von seiner Alhidade *C C'* eine Drehung gegeben werden, da er und die Röhre, die ihn trägt, nur durch die Schraube *N* an die Stange *B B'* angeklemmt ist, wie man diess schon bei den früher beschriebenen Variations-Apparaten für die Declination gesehen hat. Bei weniger schweren Stäben, wo man die genaue Verticalität der Spiegelebene nicht durch eine geringe Verschiebung des Stabes herstellen kann, ist es vortheilhaft, demselben auch eine Drehung im verticalen Sinne, etwa nach Art der in 64 angedeuteten zu geben.

Damit die beiden Alhidaden in ihren Bewegungen sich nicht gegenseitig stören, und für beide dieselbe Kreistheilung benützt werden könne, muss, wie man aus Fig. XXXIX und XL sieht, die erste *C C'* sammt ihrer Schraube *G* unter dem Schiffchen ohne Berührung desselben durchgehen können, und ihr Nonius liegt ausserhalb der Kreistheilung, jener des Schiffchens *F* aber innerhalb, wesswegen auch die Zahlen zu dieser Theilung wechselweise nach aussen und nach innen geschrieben sind.

Endlich können auch noch die oberen Aufhängerollen *M* und *M'* um eine Linie gedreht werden, welche mit der Verlängerung der Axe, um welche die untern Drehungen geschehen, zusammenfällt.

66. Aufstellung dieses Apparates.

Wenn man grosse Stäbe als Bifilar-Magnetometer benützt, so muss man dafür sorgen, dass die Fäden an einem hohen Punkte aufgehängt werden, um ihnen die gehörige Länge geben zu können. Denn davon und von der Entfernung der Fäden hängt die Empfindlichkeit des Apparates ab. Wenn die Decke des Saales, wo er aufgehängt werden soll, nicht hoch genug ist, so thut man besser, sie zu durchbohren, und die Fäden bis an die Balken des Daches fortzuführen. So wurde in Göttingen ein 25pfündiger Stab an 17 Fuss langen Fäden aufgehängt, deren Entfernung von einander ungefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll beträgt. Bei dieser Aufhängung ist die Drehkraft der Fäden zu jener des Magnetstabes, wenn er verkehrt in dem magnetischen Meridian steht, im Verhältnisse 11 : 10.

Hat man den Faden vorgerichtet, der bei grossen Stäben meistens ein Stahl- oder versilberter Kupferdraht ist, das Schiffchen mittelst den Schrauben H und H' in der gehörigen Höhe daran befestigt, und selbes in einem ähnlichen Kasten, wie beim Unifilar-Magnometer, eingeschlossen, so lege man ein dem Magnetstabe gleich grosses nicht magnetisches Gewicht, einen Blei- oder Messingstab hinein, worauf die Fäden ihre natürliche Lage einnehmen, und ihrer ganzen Länge nach in einer senkrechten Ebene stehen werden. Die Alhidade des Schiffchens (FF' Fig. XLI.) wird nun so genau als möglich in den magnetischen Meridian (für welchen man, wie bei der Aufstellung des Unifilar-Magnometers, das Mittel aus der grössten und kleinsten täglichen Declination nehmen wird), die Alhidade des Spiegels CC' aber darauf senkrecht gestellt, und der eingelegte Messingstab so verschoben, dass der Spiegel sich in der Mitte zwischen den Fäden befindet, so wird seine Ebene sehr nahe vertical, seine Axe nahe horizontal sein. Durch Lösung der Schraube N wird er dann ohne seine Alhidade mehr zu berühren, um die Stange BB so gedreht, dass er gegen die Scala gewendet ist, welche auch, wenn sie noch nicht im Felde erscheint, nach 17 gesucht, und durch Verrücken des Stabes oder Auflegen eines kleinen Laufgewichtes leicht hineingebracht werden kann, worauf man nach gehöriger Beruhigung

des Stabes durch Beobachtung der Schwingungsgrenzen den Punkt der Scala bestimmt, gegen welchen der ruhende Spiegel gerichtet sein würde.

67. Bestimmung des Verhältnisses der Drehkräfte.

Wenn nun der Magnetstab an die Stelle des Messingstabes eingelegt wird, so hängt es von der Entfernung der Fäden ab, welche Lage er einnimmt. Sind sie so weit von einander entfernt, dass ihre Drehkraft jene des Magnetstabes übertrifft, und hat man früher den nicht magnetischen Stab genau in den magnetischen Meridian gestellt, so wird auch der Magnetstab sich in diesen stellen, und darin bleiben, man mag ihn in seiner gewöhnlichen Richtung, nämlich mit dem Nordpol gegen Nord, oder in verkehrter, mit dem Nordpol gegen Süd gekehrt, in das Schiffchen legen. Man lege ihn also zuerst in letzterer Richtung ein, und sehe, ob er sich nicht umwende, nämlich seinen Nordpol nach Nord drehe. Diess wäre ein Zeichen, dass seine Drehkraft stärker ist, als jene der Fäden, in welchem Falle die Fäden, um diese zu verstärken, in ihren Leisten *II'* und *HH'* (Fig. XLI und XLII) von einander entfernt werden müssten. Ist diess so weit geschehen, dass der Magnetstab sich nicht mehr umwendet, sondern in seiner verkehrten Stellung verharrt, so sehe man ob er in dieser Stellung dieselbe Richtung wenigstens bis auf einige Scalentheile annimmt, welche der nicht magnetische Stab angenommen hat. Weicht er davon ab, so muss man diese Bedingung durch Drehen des Schiffchens und wiederholtes Einlegen des Messing- oder Bleistabes zu erfüllen suchen, was nach mehreren Versuchen, freilich desto schwerer gelingen wird, je empfindlicher der Apparat ist, oder je mehr die Drehkräfte einander gleich sind. Will man genau verfahren, so muss man auch während diesen Versuchen die Aenderungen, die in der magnetischen Kraft vorgehen, durch fortgesetzte Beobachtungen an einem zweiten Apparate berücksichtigen.

Hat man es dahin gebracht, dass die erwähnten Richtungen des nicht magnetischen und des magnetischen Stabes in verkehrter Lage nahe gleich sind, so beobachte man in dieser Lage die Schwingungsdauer des Stabes, welche T sei, und bringe ihn dann in seine natürliche Lage, indem man das Schiffchen, in welchem

er liegt, genau um 180° dreht. In dieser Lage beobachte man die Schwingungsdauer wieder, sie sei t. Aus diesen beiden Bestimmungen kann man das Verhältniss der Drehkraft des Stabes M zu jener der Fäden S erkennen, dieses ist nämlich

$$M : S = T^2 - t^2 : T^2 + t^2.$$

Dieses Verhältniss muss der Einheit nahe kommen, wenn der Apparat den gehörigen Grad von Empfindlichkeit besitzen soll, was durch allmähliche Annäherung der Fäden bewirkt wird. Bei dem grossen Bifilar-Magnetometer in Göttingen mit 25 pfündigem Magnetstabe ist, wie schon früher erwähnt wurde, das Verhältniss ungefähr

$$M : S = 10 : 11.$$

Beim Prager Apparate, an welchem die Beobachtungen bis zu Ende des Jahres 1845 angestellt wurden, und in welchem ein 5pfündiger Stab lag, waren nach der ersten Aufstellung die Schwingungsdauern. (S. Magnet. und meteorol. Beobachtungen zu Prag 1. Bd. S 23.)

$$t = 24''.03, \quad T = 88''.15$$

woraus folgt:

$$M : S = 10 : 11{\cdot}6.$$

Bei dem neuen Prager Apparate, der (nach 64) nur einen 6zölligen Stab besitzt, wurden die Schwingungsdauern beobachtet. (S. Magnet. und meteorol. Beobachtungen zu Prag 7. Bd. S. X.)

$$t = 4''.975, \quad T = 16''.043$$

woraus sich ergibt:

$$M : S = 10 : 12{\cdot}1.$$

Diess dient zum Beweise, dass sich auch bei kleineren Apparaten die nöthige Empfindlichkeit erreichen lässt.

68. Beobachtungs-Stand des Bifilar-Apparates.

Derjenige Stand des Magnetstabes, in welchem die magnetische Erdkraft den grössten Einfluss auf seine Stellung ausübt, ist der rechtwinklige, wo nämlich seine Richtung einen

rechten Winkel mit dem magnetischen Meridiane macht. Man wird diesen erhalten, wenn man das Verhältniss der Drehkräfte

$$\frac{M}{S} = \frac{T^2 - t^2}{T^2 + t^2} = \sin z$$

setzt, und den Winkel z aus dieser Gleichung berechnet. Die Drehkraft der Fäden, welche den Magnetstab auch in verkehrter Lage in dem magnetischen Meridian zu bleiben nöthigt, wird nicht mehr vermögen ihn in Ruhe zu erhalten, sobald er durch Drehung des Schiffchens (also ohne Drehung der Fäden) aus der Richtung des Meridians gebracht worden ist, denn dadurch wächst sein magnetisches Moment um so mehr, je mehr sich der Winkel, den seine Richtung mit dem Meridiane einschliesst, einem rechten nähert. Seine Drehkraft bekömmt daher ein Uebergewicht über jene der Fäden, und bewirkt, dass sie ihre natürliche Stellung, welche sie bisher eingenommen haben, verlassen, und sich mit ihm dem magnetischen Meridian zuwenden, und zwar in derselben Richtung, in welcher die Drehung des Schiffchens vorgenommen wurde, so lange bis sie hiedurch eine Drehkraft erlangt haben, welche jener des Magnetstabes das Gleichgewicht hält; erst in diesem Falle wird wieder der Ruhestand eintreten. Es lässt sich nun zeigen, dass wenn man das Schiffchen mit dem in verkehrter Lage inliegenden Magnetstabe aus dem magnetischen Meridiane in irgend einer Richtung, z. B. von Norden gegen Osten um den Winkel $90^0 - z$ dreht, und es dann sich selbst überlässt, der Stab sich noch weiter gegen Osten, und zwar um den Winkel z drehen müsse, und dass erst nach dieser zweiten Drehung das Gleichgewicht zwischen den beiden Drehkräften eintreten könne. Dann macht aber der Stab mit dem Meridiane den Winkel

$$90^0 - z + z = 90^0$$

d. h. er steht rechtwinklig auf den Meridian, also in der für die Beobachtungen vortheilhaftesten Richtung.

Da der Spiegel nur durch die zweite Drehung, nicht aber durch die erste, jene des Schiffchens, bewegt worden ist, so drehe man ihn nun mittelst seiner Alhidade um den Winkel z in entgegengesetzter Richtung, also gegen Nord zurück, und er soll dann nahe denselben Scalentheil zeigen, den er früher

gezeigt hat, was als eine Probe gelten kann, dass alle Drehungen und Bestimmungen gehörig vollbracht worden sind. Eine zweite Probe bildet die Schwingungsdauer, welche in der rechtwinkligen Lage die mittlere geometrisch proportionirte zwischen T und t sein muss.

69. Werth eines Scalentheiles.

Die Änderungen der horizontalen Intensität erkennt man mittelst des Bifilar-Apparates, so wie beim Unifilar-Magnetometer, aus den verschiedenen Scalentheilen, welche nach der verschiedenen Lage des Stabes unter dem Fadenkreuze des Fernrohres erscheinen. Will man sie in Theilen der Horizontalkraft selbst ausdrücken, so muss man den Werth eines Scalentheiles kennen, d. h. man muss wissen um den wie vielten Theil diese Kraft zu- oder abgenommen hat, wenn sich der Stab um einen Scalentheil verrückt. Hiezu ist nöthig, dass man die Entfernung des Spiegels von der Scala abmisst, und (nach 7) den Bogenwerth eines Theiles kennt. Diesen Bogenwerth drückt man durch Division mit der Zahl 206264.8 in Theilen des Halbmessers aus, und multiplicirt ihn mit Cotang. z, wo man z bereits aus dem früher gegebenen Werthe für Sin. z kennt, oder die Cotangente auch nach einer der Formeln

$$\text{Cotang. } z = \frac{2\,T\,t}{T^2 - t^2} \quad \text{oder} \quad \text{Cotang. } (45^0 + \tfrac{z}{2}) = \frac{t}{T}$$

berechnen kann. So wurde für den grösseren Bifilar-Apparat zu Prag (in 67)

$$t = 24''.03, \quad T = 88''.15$$

und der Bogenwerth eines Scalentheiles

$$W = 18''.5757$$

gefunden, woraus sich ergibt

$$\log. \frac{t}{T} = \log. \text{ Cotang. } (45^0 + \tfrac{z}{2}) = 9.4355315$$

$$45^0 + \frac{z}{2} = 74^0\,45'\,5''.3$$

z	$= 59°\,30'\,10''6$
log. Colg. z	$= 9.7700975$
log. H'	$= 1.2689452$
Compl. log. 206264.8	$= 4.6855749$
log. Werth	$= 5.7246176$
Werth eines Scalentheiles	$= 0.000053041$
	$= \frac{1}{18853}$

das heisst, wenn der Stab seine Stellung um einen Scalentheil verrückt, so hat sich die horizontale Intensität um ihren $\frac{1}{18853}$ten Theil geändert.

Ebenso findet man für den kleineren Apparat Werth eines Scalentheiles

$$= 0.00009263 = \frac{1}{10795}$$

Wegen der Abnahme des Stabmagnetismus ist dieser Werth veränderlich, muss daher von Zeit zu Zeit, etwa zu Anfange eines jeden Jahres bestimmt werden.

Eine andere sehr einfache Methode, den Werth eines Scalentheiles zu bestimmen, gewährt den Vortheil, dass der Magnetstab des Bifilar-Apparates nicht berührt zu werden braucht, setzt aber, um sie genau auszuführen, eine solche Räumlichkeit voraus, dass man zu beiden Seiten desselben so wie auch des Declinationsstabes in gehöriger Entfernung einen kleinen Ablenkungsmagnet anbringen könne, dessen Axe senkrecht auf die des Bifilar-Magnetes, in derselben Horizontal-Ebene und in einer durch dessen Mitte gehende Linie gelegt wird. Sei n die Anzahl der Scalentheile, um welche der Bifilar-Magnet bei der Entfernung D der Mittelpunkte beider Stäbe abgelenkt wird. Man bringe hierauf den Ablenkungsmagnet in eine ähnliche Lage gegen den Stab des Declinations-Apparates, und es sei n' die hervorgebrachte Ablenkung in Scalentheilen, D' die Entfernung des Stabes, und k der Bogenwerth eines Scalentheiles am Declinations-Apparate, so hat man den in Theilen der Horizontalkraft ausgedrückten Werth eines Scalentheiles am Bifilar-Apparate

$$k \text{ tang. } 1'. \frac{D'^3}{D^3} \cdot \frac{n'}{n} = K'. 0.00029089. \frac{D'^3}{D^3} \cdot \frac{n'}{n}$$

wo $D = D$ ist,

$$K = K'.(6.4637261) \cdot \frac{n'}{n}$$

wo die eingeklammerte Zahl ein Logarithmus ist.

Bei einem im magnetischen Observatorium zu Dublin nach diesem Verfahren angestellten Versuche hatte der ablenkende Magnet die Länge von 3.67 Zollen und wurde in die Entfernung $D = D' = 28$ Zolle von beiden Magneten gelegt, so dass er Nördlich oder Südlich vom aufgehängten Magnetstab des Bifilar-Apparates lag, und sein Nordpol gegen Norden *(N)*, oder gegen Süden *(S)* gekehrt war; gegen den Declinationsstab wurde er Oestlich oder Westlich gelegt, und sein Nordpol nach Osten *(O)* oder nach Westen *(W)* gewendet.

Es wurden folgende Ablenkungen gefunden:

Am Bifilar-Apparate.

	(N)	(S)	(N)	Untersch.
Nördlich . . .	43.7	243.3	42.9	200.0
Südlich . . .	43.9	240.6	42.7	197.3

Am Declinations-Apparate.

	(O)	(W)	(O)	Untersch.
Oestlich . .	458.9	295.3	460.4	164.4
Westlich . .	459.1	290.5	466.0	169.4

Daraus wird im Mittel . . . $n = 99.32$, $n' = 83.45$, und da der Werth eines Scalentheiles am Declinations-Apparate $k' = 0'.7205$ ist, so wird

$$\begin{aligned} \log.\ k' &= 9.8576340 \\ \log.\ n' &= 1.9214263 \\ \text{Compl. } \log.\ n &= 8.0029633 \\ & \quad 6.4637261 \\ \log.\ \text{Werth} &= 6.2457497 \end{aligned}$$

Werth eines Scalentheiles $= 0.0001761 = \frac{1}{5679}$.

Kann man den Ablenkungsmagnet nicht südlich und nördlich vom Bifilar-Stab, oder nicht östlich und westlich vom Declinations-Stab anbringen, sondern nur auf einer Seite, so ist das Ergebniss zwar minder genau, aber doch, besonders zur Vergleichung, noch sehr brauchbar.

70. Inclinations-Apparat.

Da die früheren zur Messung der Inclinations-Variationen angewendeten Apparate für längere Zeiträume keine ganz sicheren Ergebnisse lieferten, weil die im Verlaufe derselben in der gegenseitigen Lage ihrer Bestandtheile vorgegangenen Aenderungen einen grösseren Einfluss auf die Stellung des Apparates und seine Angaben ausübten, als die so geringen Aenderungen der Inclination, so hat man in den letzten Jahren einen Apparat zusammengestellt, der auf ein neues Princip, nämlich das der Induction gegründet, und welcher in Fig. XLV *a* und *b* abgebildet ist [1]).

AB ist die an einem langen Faden aufgehängte Magnetnadel, welche in *C* ihren Aufhängepunkt hat, und in der Hülse *mh* liegt, in welcher sie durch Schräubchen oder auf andere Art festgehalten wird. Die Hülse trägt den Spiegel *kk'*, welcher auf dieselbe Weise wie in 64 Fig. XXXVII eingerichtet sein kann. Die Nadel schwebt über dem Stein *DEFg*, auf welchem ein getheilter Kreis *KLM* so befestigt ist, dass dessen Mittelpunkt unter dem Aufhängepunkte *C* der Nadel zu stehen kömmt. An dem Steine ist (Fig. XLV, *b*) durch die Klammern *PQ* und *P'Q'* die Leiste *NN'* befestigt, in welcher sich durch die Schraube *N* ein Schieber *RR'* bewegen lässt, an dessen Enden die Ringe *SS'* angebracht sind, welche die senkrecht gestellten cylinderförmigen Stäbe vom weichen Eisen *TT'* enthalten, in deren unteren Enden *T'* in Folge der Induction des Erdmagnetismus ein Nordpol, in den oberen Enden *T* ein Südpol entsteht, wodurch die zwischen ihnen schwebende Magnetnadel, deren Aufhängepunct in der durch die Axen beider Cylinder gelegten Vertical-Ebene liegt, abgelenkt wird. Die Grösse der Ablenkung kann durch den Kreis *KML* bestimmt werden, wenn der Mirenspiegel *qq'* mit der Alhidade des Kreises in Verbindung ist, so dass er sich mit ihr dreht. Wird nämlich dieser Spiegel, noch ehe die Eisenstäbe eingelegt sind, so gestellt, dass er denselben Scalentheil wie der obere Spiegel *kk'* in das Gesichtsfeld des Fernrohres wirft, und hat man die Nonien der Alhidade bei dieser Stellung abgelesen, so

[1]) S. Lamont's Handbuch des Erdmagnetismus. S. 213.

bringe man dann die Stäbe in jene Lage, welche sie bleibend einzunehmen haben, wodurch sich die Magnetnadel und mit ihr der obere Spiegel um einen Winkel drehen werden. Stellt man dem Spiegel in seiner neuen Lage ein Fernrohr mit einer Scala gegenüber, und dreht den Mirenspiegel qq' so, dass er wieder denselben Scalentheil wie der obere in das Fernrohr wirft, so gibt die Ablesung der Alhidade, verglichen mit der früheren, den Winkel, um welchen die Magnetnadel durch die Eisenstäbe abgelenkt worden ist, wobei jedoch, wenn man genau verfahren will, die Aenderung der Declination, welche in der Zwischenzeit eingetreten sein kann, in Rechnung zu ziehen ist. — Ein anderes Verfahren, die Ablenkung zu messen, wird später angegeben werden.

Die beiden Stäbe müssen eine gleiche Ablenkung auf die Nadel ausüben, daher sie ohne Aenderung ihrer gegenseitigen Entfernung mittelst der Schraube N so lange zu verschieben sind, bis die Ablenkung ihren kleinsten Werth erhält, in welchem Falle ihre Einwirkung auf die Nadel gleich ist.

Der Apparat ist, so wie die übrigen luftdicht in einem Kästchen eingeschlossen, und die Aenderungen in der Lage der Nadel werden durch ein gegenüber aufgestelltes Fernrohr an einer Scala gemessen.

Dass mittelst dieses Apparates die Variationen der Inclination beobachtet werden können, ergibt sich daraus, dass die verticale Componente der Erdkraft, die den Eisenstäben den Magnetismus inducirt, mit der Inclination wächst und abnimmt, daher aus der geänderten Ablenkungskraft der Stäbe, wenn gleichzeitig auch die Aenderung der Declination und Intensität in Betracht gezogen wird, auf die Aenderung der Inclination geschlossen werden kann.

Ist φ der Winkel, um welchen die Nadel von den beiden Stangen abgelenkt wird,

„ $n''\varepsilon_{''}$ die Aenderung dieses Winkels zur Beobachtungszeit (nämlich n'' die Anzahl der Scalentheile, um welche sie von der dem Winkel φ entsprechenden Stellung abweicht, und $\varepsilon_{''}$ der Werth eines Scalentheiles),

„ $n\varepsilon$ die gleichzeitige Aenderung der Declination,

„ B die gleichzeitige Aenderung der horizontalen Intensität, in Theilen der ganzen Horizontalkraft ausgedrückt,

ist J die Inclination, und
„ a eine zu bestimmende Constante,
so hat man die Aenderung der Inclination gleich

$$dJ = (n''\varepsilon_{,,} - n\varepsilon)\left[\frac{\cos\varphi\cos^2 J}{a} + B\left(\frac{\sin\varphi\cos^2 J}{a} - \frac{1}{2}\sin 2J\right)\right.$$

71. Andere Bestimmung des Ablenkungswinkels.

Zur Bestimmung des Ablenkungswinkels φ gibt Lamont folgendes Verfahren an, welches dann anzuwenden ist, wenn der Apparat keinen getheilten Kreis besitzt. Es sei (Fig. XLVI) m die Mitte des Declinations-Stabes, m' die Mitte des Inclinations-Stabes, welche beide nahezu dieselbe Grösse haben. Man bestimme in der Richtung dieser Stäbe die Punkte c und c' so, dass genau $mc = m'c'$, lege einen Magnet ab senkrecht auf diese Richtungen so auf, dass seine Mitte mit c und c' zusammenfällt, und beobachte die in m und m' hervorgebrachten Ablenkungen. Sei n_0 die Ablenkung in m, wenn der Nordpol des Ablenkungsmagnetes ab östlich, n_1, wenn er westlich liegt, und eben so seien n'_0 und n'_1 die Ablenkungen in m', wenn der Magnet in $a'b'$ liegt. Ist γ der Torsions-Coëfficient, und ε der Werth eines Scalentheiles bei m, ε, jener bei m', so hat man

$$\cos\varphi = \frac{\varepsilon(n_0 - n_1)}{\varepsilon_{,}(n'_0 - n'_1)}\left(1 - \gamma\frac{\sin^2\frac{1}{2}\varphi}{\cos\varphi}\right)$$

Sind die beiden Entfernungen ungleich, und ist $mc = e$, $m'c' = e'$, so wäre der zweite Theil der Gleichung noch mit $\frac{e^3}{e'^3}$ zu multipliciren.

Beispiel.	Declinations-Stab.	Inclinations-Stab.
Ablenkungsmagnet N. östlich	$n_0 = 81.5$	$n'_0 = 48.1$
N. westlich	$n_1 = 60.1$	$n'_1 = 13.0$
N. östlich	$n_0 = 81.4$	$n'_0 = 48.1$
N. westlich	$n_1 = 60.25$	$n'_1 = 13.03$
Mittel	$n_0 - n_1 = 21.27$	$n'_0 - n'_1 = 35.07$

Die Werthe der Theilstriche waren bei beiden Scalen $= 1'$. Eine Umdrehung des Fadens brachte eine Ablenkung des Stabes von $8'$. Diess gibt (nach 8) $\gamma = \frac{8}{21592} = \frac{1}{2699}$

Ohne Rücksicht auf Torsion erhält man

$$\cos\varphi = \frac{21.27}{35.07} \text{ also } \varphi = 52^0\ 39'.8$$

ferner wird $2\gamma\frac{\sin^2\frac{1}{2}\varphi}{\cos\varphi} = 0.0002403$, also mit Rücksicht auf Torsion

$$\varphi = 52^0\ 40'.5.$$

72. Bestimmung des Inductions- und Wärme-Coëfficienten.

Um die in 70 eingeführte Constante a (den Inductions-Coëfficienten) zu bestimmen, bringt man vertical über der Mitte der Nadel B (Fig, XLV, *b*) den Hilfsmagnet ns an, der sich in c um eine der Nadelrichtung parallele Axe drehen lässt. Man setze $Bc = e$, $BE = BE' = h$, $CE = C'E' = k$, wo C und C' die Mittelpunkte der Eisenstäbe sind.

Es werde der Hilfsmagnet senkrecht mit dem Nordpole abwärts gestellt, so wird er in den Eisenstäben Magnetismus induciren, und dadurch eine Ablenkung der Nadel hervorbringen. Es sei n_1'' der abgelesene Stand, so wie sie n_2'' zeigen soll, wenn der Hilfsmagnet senkrecht, und der Nordpol nach oben gewendet ist, dann werde der Hilfsmagnet in horizontale Richtung gebracht, so dass der Nordpol gegen den aufwärts gerichteten Eisenstab gewendet ist, und endlich in die entgegengesetzte, wo er seinen Nordpol gegen den abwärts gehenden Eisenstab richtet. Im ersten Falle sei n_3'', im letzten n_4'' der Stand der Nadel m, so ist die gesuchte Grösse

$$a = \frac{1}{2}\,\frac{n_1''-n_2''}{n_3''-n_4''}\left(1-\frac{6h^2-3k^2}{e^2}\right)$$

Beispiel. Ein Versuch, in welchem man gefunden hatte

$$\begin{array}{rr} n_1'' = 79.05 & n_3'' = 88.17 \\ n_2'' = 62.06 & n_4'' = 53.29 \\ \hline \text{also } n_1''-n_2'' = 16.99, & n_3''-n_4'' = 34.88 \end{array}$$

und wo $\frac{h}{e} = 0.0353$ war, und $\frac{k}{e} = 0$ angenommen wurde, gab

$$1-\frac{6h^2}{e^2} = 0.9925,\ \frac{n_1''-n_2''}{n_3''-n_4''} = 0.4871 \quad \text{daher}$$

$$\begin{array}{lr} & a = 0.2417 \\ \text{ein zweiter Versuch gab} & a = 0.2321 \\ \text{ein dritter} \quad \text{„} \quad \text{„} & a = 0.2353 \\ \hline \text{daher ist im Mittel} & a = 0.2364 \end{array}$$

Ein genaueres Resultat wird man erhalten, wenn man statt der zwei letzten Beobachtungen, während welchen der Nordpol des Hilfsmagnetes gegen die Stäbe gekehrt ist, diese hinwegnimmt (wobei man darauf zu achten hat, sie nicht aus der senkrechten Stellung zu bringen) und einen Magnet in der Nähe der Nadel legt, der in ihr dieselbe Ablenkung hervorbringt, in welche sie durch die Stäbe versetzt worden war, worauf man dieselben Beobachtungen wiederholt, die früher ausgeführt wurden, nämlich bei verticaler Lage des Hilfsmagnetes mit Nordpol oben und unten, dann bei horizontaler Lage mit Nordpol rechts und links. Bezeichnet man die hiebei abgelesenen Stände der Nadel m

mit n_5'', n_6'', n_7'', n_8'' ferner
die Länge des Hilfsmagnetes mit l
„ „ der Nadel m mit l'
„ „ „ Eisenstäbe mit l''

so wird, da gewöhnlich h sehr nahe $= \frac{1}{2} l''$ sein wird,

$$a = \frac{1}{2} \frac{n_1'' - n_2'' - (n_5'' - n_6'')}{n_7'' - n_8''} \cdot \frac{e^2 - \frac{9}{10}(l^2 + l'^2)}{e^2 + 2l''^2 - 3k^2 - l^2}.$$

Die Eisenstäbe nehmen in der ersten Zeit nach ihrer Aufstellung rasch an Kraft zu, wodurch die Ergebnisse der Beobachtungen unsicher werden. Man kann diesem Uebelstande dadurch abhelfen, dass man sie mehrmal abwechselnd in kaltes und warmes Wasser eintaucht, wobei man jedoch sorgfältig darauf zu achten hat, dass sie nicht aus der verticalen Lage gebracht werden. Am bequemsten ist diess zu bewerkstelligen, wenn man vor der bleibenden Aufstellung sie in Messingröhren einschliesst, welche an den oberen Enden offen, an dem unteren mit einem Hahne versehen sind, durch welchen das Wasser abfliesst. Mittelst dieser Vorrichtung kann der Wärme-Coëfficient nach dem in 48 angegebenen Verfahren bestimmt werden.

73. Beispiel der Berechnung der Aenderung der Inclination.

Um auch ein Beispiel zu haben, wie die Aenderungen der Inclination nach der in 70 gegebenen Formel

$$dJ = (n''\varepsilon_{,,} - n\varepsilon)\frac{Cos\,\varphi\,Cos^2 J}{a} + B\left(\frac{Sin\,\varphi\,Cos^2 J}{a} - \frac{1}{2}\,Sin\,2J\right)$$

zu berechnen sind,

sei $n'' = 15.5$, $n = 9.3$, $\varepsilon = \varepsilon_{,,} = 0'.525$, $\varphi = 44^0\,0'$, $a = 0.2364$
$J = 65^0\,10'$, $B = 10.35$ in Scalentheilen,

deren einer dem 0.00012^{ten} Theile der Horizontalkraft gleich ist.

Es ist hiebei zu bemerken, dass man, um den mit B multiplicirten Factor in Minuten auszudrücken, ihn mit $Sin\,1'$ multipliciren müsse. Man findet

$$\begin{aligned}
log\,Cos\,\varphi &= 9.85693\\
2\,log\,Cos\,J &= 9.24646\\
log\,\varepsilon &= 9.72016\\
Comp.\,log\,a &= 0.62635\\
log\,\frac{\varepsilon\,Cos\,\varphi\,Cos^2 J}{a} &= 9.44990\\
Zahl &= 0.2818\\
log\,Sin\,\varphi &= 9.84177\\
2\,log\,Cos\,J &= 9.24646\\
Comp.\,log\,a &= 0.62635\\
log\,\frac{Sin\,\varphi\,Cos^2 J}{a} &= 9.71458
\end{aligned}$$

Ferner hat man

$2J = 130^0\,20'$ und den Sinus von $130^0\,20' = Sin\,(90^0 + 40^0\,20') = Cos\,(40^0\,20')$, daher $Sin\,2J = Cos\,(40^0\,20')$ und

$$\begin{aligned}
log.\,Sin\,2J &= 9.88212\\
Sin\,2J &= 0.7623\\
\frac{1}{2}\,Sin\,2J &= 0.3811\\
\frac{Sin\,\varphi\,Cos^2 J}{a} &= 0\,5183\\
\frac{Sin\,\varphi\,Cos^2 J}{a} - \frac{1}{2}\,Sin\,2J &= 0.1372\\
log. &= 9.13735\\
log.\,Sin\,1' &= 3.53627\\
log.\left[\left(\frac{Sin\,\varphi\,Cos^2 J}{a} - \frac{1}{2}\,Sin\,2J\right)Sin\,1'\right] &= 2.67462\\
Zahl &= 472'.7
\end{aligned}$$

Es ist demnach

$$dJ = 0'.2818\,(n'' - n) + 472'.7\,.\,B.$$

Nun hat man aber

$$n'' - n = 6.2,\ B = (10.35)(0.00012) = 0.001242$$

daher wird

$$dJ = 1'.747 + 0'.587 = 2'.334.$$

Für denselben Apparat und Beobachtungsort bleiben die mit $(n'' - n)$ und B multiplicirten Zahlen lange Zeit constant. Man wird daher beide Producte in Tafeln bringen können, deren Eingangszahlen die in $(n'' - n)$ und B enthaltenen Scalentheile sind, mit welchen man diese Producte unmittelbar findet, und die man nur zu summiren braucht, um die Inclinations-Aenderung zu erhalten.

74. Aufstellung der Fernröhre.

Aus dem vorigen kann man ersehen, dass, wenn die Apparate nur zu Variationsbeobachtungen benützt werden, man sich an ihnen manche Vereinfachungen erlauben darf, auch hat die Erfahrung vielfach bewiesen, dass es nicht auf die Grösse der Magnetstäbe ankömmt, sondern dass kleine, wenn sie gegen äussere Störungen gehörig geschützt und wo möglich luftdicht verschlossen sind, eben so scharfe Bestimmungen liefern. Die hiezu verwendeten Fernröhre müssen zwar, da eine ziemlich starke Vergrösserung anzuwenden ist, wenn man die Entfernung der Scale vom Spiegel nicht zu klein machen will, immer hinlängliche optische Kraft besitzen, sie brauchen aber durchaus nicht an einem Theodoliten angebracht zu sein, sondern man kann ihnen eine ganz einfache Aufstellung geben, etwa wie kleinen Durchgangsfernröhren, die mit einer Schraube auch in horizontaler Richtung, wenn auch nur in kleinem Spielraum, bewegt werden können. Die Aufstellung derselben in Prag ist in Fig. XLVII abgebildet. Ein hölzerner Cylinder AB von 3 Zoll Durchmesser ist oben gabelförmig ausgeschnitten, und bildet die Lager, in denen die Axen C des Fernrohres liegen. Er verlängert sich bei B in einen Zapfen, der durch das Bret EF durchgeht und wird mit der Schraube G und einer über ihr befindlichen Messingplatte fest an dasselbe angedrückt. Die Schrauben H und I dienen zur feineren Bewegung. Da man oft Beobachtungen an

mehreren Apparaten in möglichst kurzen Zwischenzeiten auszuführen hat, so ist es gut, wenn die Fernröhre so nahe beisammen stehen, dass der Beobachter an beiden oder allen drei Apparaten ablesen kann, ohne sich vom Sitze zu entfernen.

75. Zeit der Beobachtung.

Rücksichtlich der Beobachtungszeiten ist man dahin übereingekommen, dass sie an allen, sowohl europäischen als aussereuropäischen Beobachtungsorten zu einer und derselben physischen Zeit angestellt, also auf denselben Meridian oder Beobachtungsort bezogen werden. Für diesen Meridian hat man den von Göttingen erwählt, zur Anerkennung der Verdienste, welche sich Herr Hofrath Gauss um diesen Zweig der Naturwissenschaft erworben hat.

Göttingen liegt $27^{\circ}\,36'\,15''$ östlich von Ferro,
oder in Zeit $1^{h}\,50\,25$.

Wenn also ein Beobachter seine Länge von Ferro, die man aus jeder besseren Landkarte nahe genug abnehmen kann, weiss, so braucht er nur den Meridian-Unterschied in Zeit zu verwandeln, und ihr zur mittleren Göttinger Zeit der Beobachtung hinzuzugeben, wenn er östlich, und zu subtrahiren, wenn er westlich von Göttingen liegt, so hat er seine Ortszeit der Beobachtung. So z. B. liegt

Prag östlich von Ferro	$32^{\circ}\,5'\,39''$
also östlich von Göttingen	$4\,29\,24$
oder in Zeit	$0^{h}\,17\,57.6$

Soll also eine Beobachtung so angestellt werden, dass ihr Ergebniss auf die Göttinger Zeit $1^{h}\,30'$ trifft, und besteht sie aus mehreren Ablesungen, so ist sie in Prag so einzurichten, dass das Mittel dieser Ablesungen der Prager Zeit $1^{h}\,30' + 17'\,57''.6 = 1^{h}\,47'\,57''.6$ entspricht, wobei jedoch die Bruchtheile von Secunden selten berücksichtigt zu werden brauchen.

Es frägt sich jetzt nur, wie man es anzustellen, und wie die Ablesungen zu vertheilen habe, damit ihr Mittel genau einer gegebenen Zeit entspreche.

Da bei den Variationsbeobachtungen immer nur der Stand der ruhenden Magnetnadel in Betracht kömmt, so muss

$T - 2D$
$T - D$
T
$T + D$
$T + 2D$

Die Ablesungen der Scalentheile lassen sich übrigens am schärfsten im Augenblicke anstellen, wo die Nadel die Schwingungsgrenze erreicht hat, weil dort ihre Bewegung am langsamsten ist. Allein diese Zeiten fallen nicht mit der Beobachtungszeit T zusammen, man wird daher, wenn man zu diesen Augenblicken abliest, einen Fehler $= n$ begehen, so dass die aus solchen Ablesungen geschlossene Lage der Nadel nicht der Zeit T, sondern $T + n$ angehört, wo n positiv oder negativ, aber gleich oder kleiner als $\frac{D}{2}$ sein wird. Je kleiner also die Schwingungsdauer ist, desto weniger ist dieser Fehler zu fürchten, der im vorigen Beispiele höchstens 5 Secunden erreichen wird. Da sich aber in einer so kurzen Zeit die magnetischen Elemente nur ganz unmerklich ändern, so kann man bei kleinen Schwingungsdauern unbedenklich diese Methode wählen, indem man, wenn z. B. 5 Ablesungen gemacht werden sollen, die erste Ablesung an jener Schwingungsgrenze ausführt, die der Zeit $T - 2D$ am nächsten eintritt, und die andern, ohne sich weiter um die Zeit zu kümmern, an den vier darauf folgenden Schwingungsgrenzen. So wird z. B. in Prag, wo die Bifilar-Nadel die Schwingungsdauer von 8 Secunden hat, und wo sechs Ablesungen gemacht werden, die der Zeit $T - \frac{5D}{2}$ nächste Schwingungsgrenze und die fünf folgenden abgelesen. Ist also z. B. die Beobachtungszeit

$$T = 1^h\ 20'\ 28'' = 1^h\ 2'\ 30''\ \text{Göttinger Zeit},$$

so sieht man von $1^h\ 20'$ an durch das Fernrohr, und beobachtet, welche Schwingungsgrenze der Zeit

$$T - \frac{5D}{2} = T - 20'' = 1^h\ 20'\ 8''$$

am nächsten fällt. Wäre z. B. um $1^h\ 20'\ 2''$ der grösste Scalentheil unter den Faden gekommen, so dürfte dieses Maximum noch nicht angeschrieben werden, weil 8 Secunden darauf also um $1^h\ 20'\ 10''$ ein Minimum eintreten wird, das der voraus

bestimmten Zeit $1^h\ 20'\ 8''$ näher liegt. Der in diesem Augenblicke unter dem Faden erschienene kleinste Scalentheil ist die erste der anzuschreibenden Ablesungen, der darauf (nämlich in $8''$) folgende grösste Scalentheil die zweite u. s. f. bis die Reihe von 6 Ablesungen vollendet ist. Der Fehler der Beobachtungszeit ist in diesem Falle, wie man von selbst sieht, zwei Secunden.

Ist die Schwingungsdauer so kurz, dass während einer derselben nicht hinlänglich Zeit bleibt die Ablesung zu machen und niederzuschreiben, so kann man nach der ersten Ablesung zwei Schwingungen vorübergehen lassen, und erst die Zeit der dritten, dann der 6., 9. u. s. f. anmerken, so dass das Mittel dieser Zeiten wieder möglichst nahe mit der vorgeschriebenen Zeit T zusammenfällt. Wäre z. B. $D = 4''$, und wollte man 6 Ablesungen machen, so würde man als erste Beobachtungszahl den Scalentheil anschreiben, welcher bei jener Schwingungsgrenze unter dem Faden kömmt, die der Zeit $T - \frac{15}{2} D = T - 30''$ am nächsten fällt, und nach $3D = 12''$ den Scalentheil der entgegengesetzten Schwingungsgrenze, nach $6D = 24''$ wieder den Scalentheil u. s. f. in 6 aufeinanderfolgenden Grenzen aufzeichnen.

Ist hingegen die Schwingungsdauer sehr lang, so kann man während des Verlaufes einer derselben, ohne die Schwingungsgrenzen zu berücksichtigen, mehre Ablesungen ausführen, welche aber zur Berechnung des Standes der Nadel dann so zu vereinigen sind, dass man nur aus zweien, um eine ganze Dauer von einander entfernten, das Mittel nimmt. So z. B. wurde in 41 eine Schwingungsdauer von $42''$ berechnet, die sich bequem in vier Theile von 10 und 11 Secunden zertheilen lässt. Hat man also eine Beobachtung zur Zeit T anzustellen, so wird man die zu folgenden Zeiten durch den Faden kommenden Scalentheile aufzeichnen

um	$T - 42''$	den	Scalentheil	s_1
„	$T - 32$	„	„	s_2
„	$T - 21$	„	„	s_3
„	$T - 10$	„	„	s_4
„	T	„	„	s_5
„	$T + 10$	„	„	s_6
„	$T + 21$	„	„	s_7
„	$T + 32$	„	„	s_8
„	$T + 42$	„	„	s_9

und man findet für den Ruhestand der Nadel

$$C = \tfrac{1}{2}(s_1 + s_5)$$
$$C = \tfrac{1}{2}(s_2 + s_6)$$
$$C = \tfrac{1}{2}(s_3 + s_7)$$
$$C = \tfrac{1}{2}(s_4 + s_8)$$
$$C = \tfrac{1}{2}(s_5 + s_9)$$

woraus das Mittel zu nehmen ist.

Wenn man täglich zu festgesetzten Stunden zu beobachten hat, so pflegt man es so einzurichten, dass die Beobachtungszeit der Declination auf die festgesetzte Stunde, die der horizontalen Intensität um 2 oder 2½ Minute später, und jene der Inclination um eben so viel nach der Intensität eintritt.

76. Termins- und Störungsbeobachtungen.

In jedem Monate ist eine 24stündige Frist, in welcher diese Beobachtungen an allen dazu eingerichteten Observatorien ununterbrochen so fortgesetzt werden, dass innerhalb fünf Minuten der Stand aller drei Nadeln, wenn nämlich alle drei Variations-Apparate aufgestellt sind, aufzuzeichnen ist. Diese Fristen, welche Terminstage heissen, beginnen in 8 Monaten um 10 Uhr Abends (mittlere Zeit von Göttingen) desjenigen Mittwochs, welcher dem 21. des Monats am nächsten ist, und endigen um 10 Uhr Abends des folgenden Donnerstags. Nur in 4 Monaten: Februar, Mai, August, November, beginnen sie am letzten Freitage des Monates um 10 Uhr und endigen am Samstage um 10 Uhr. Die Ablesungen sind bei den Terminsbeobachtungen so einzurichten, dass auf $10^h\ 0'\ 0''$ mittlere Göttinger Zeit eine Declinationsbestimmung, auf $10^h\ 1'\ 40''$ eine Intensitätsbestimmung, auf $10^h\ 3'\ 20''$ eine Inclinationsbestimmung, auf $10^h\ 5'\ 0''$ wieder eine Declinationsbestimmung, auf $10^h\ 6'\ 40''$ wieder eine Intensitätsbestimmung u. s. w. fällt.

An manchen Tagen treten in den Aeusserungen der magnetischen Kraft so grosse und schnelle Aenderungen ein, dass sie in kurzer Zeit mehr als den zehnfachen Werth der täglichen Variationen erreichen. Man nennt diese sich gleichzeitig über den ganzen bekannten Erdball erstreckenden Erscheinungen magnetische Störungen, und hat, so unregelmässig sie auf den ersten Anblick erscheinen, doch schon einige

Gesetze herausgefunden, denen sie unterworfen sind. Es ist wichtig, während solchen Störungen die Beobachtungen in möglichst kurzen Zeitfristen, etwa von Minute zu Minute, an alle Apparaten anzustellen, wobei natürlich, wenn nicht für jeden Apparat ein eigener Beobachter zur Verfügung ist, sondern mehre von demselben bedient werden müssen, die einzelnen Beobachtungssätze abzukürzen, und in jedem Satze statt fünf oder sechs Aufzeichnungen nur zwei oder drei anzuschreiben sind, je nachdem es die Zeit gestattet. Für die genauere Kenntniss der Erscheinung ist es wichtig, insbesondere jene Momente durch die Beobachtung herauszuheben, in denen das Wachsen in ein Abnehmen, oder umgekehrt übergeht.

Astronomische Beobachtungen.

Da die Bestimmung der magnetischen Elemente nicht ohne astronomische Beobachtungen ausgeführt werden kann, so wird es zweckmässig sein, auch die hierzu nöthigen Instrumente und die Behandlung derselben kurz anzugeben.

77. Bestimmung des Fehlers und Ganges der Uhr.

Fast jede astronomische Beobachtung, auch die zur Bestimmung der magnetischen Declination nöthige, setzt, wenn sie nur einigermassen genau sein soll, den Besitz einer astronomischen Uhr, einer Pendeluhr oder eines Chronometers voraus, daher auch die Mittel bekannt sein müssen, den Fehler oder Stand derselben gegen Sonnenzeit und ihren Gang zu prüfen. Diess kann wieder nur, wenn man sich nicht mit dem unsicheren Behelfe einer Sonnenuhr begnügen will, durch Beobachtungen an Himmelskörpern geschehen, und an Orten, wo man nicht durch stabil aufgestellte Instrumente und andere Vorrichtungen zu solchen Beobachtungen stets vorbereitet ist, wählt man am besten die Sonne, aus deren genau gemessenen Höhe über dem Horizonte man die dieser Höhe entsprechende Zeit berechnen kann. Hat man nun auch bei der Höhenmessung die Zeit der Uhr angemerkt, und stimmen beide Zeiten, die berechnete | die Uhrzeit, nicht überein, so ist der Unterschied der Fehler Uhr, welcher auf diese Weise den Stand der Uhr gegen re oder mittlere Sonnenzeit, und zwar für den Augenblick

der gemessenen Sonnenhöhe gibt. Wurde in einiger Zeit darauf, z. B. am folgenden Tage, etwa 30 Stunden nach der erwähnten Messung, wieder die Sonnenhöhe beobachtet, und die Uhrzeit der Beobachtung angemerkt, so erhält man auf dieselbe Weise einen zweiten Uhrstand, der im Allgemeinen von dem ersten verschieden sein wird. Der Unterschied beider Stände oder Uhrfehler ist der Gang der Uhr in der Zwischenzeit, also in unserem Falle binnen 30 Stunden, woraus man leicht den täglichen oder 24stündigen Gang der Uhr rechnen kann.

Diese Beobachtung erfordert demnach ein Instrument, mit welchem man den Höhenwinkel der Sonne oder ihren Abstand vom Horizonte genau messen kann, und dann gibt jede genau gemessene Sonnenhöhe, oder was für den vorgesetzten Zweck dasselbe ist, jeder gemessene Scheitelabstand (Zenith-Distanz) der Sonne eine Bestimmung des Uhrfehlers. Man kömmt jedoch am leichtesten und sichersten zum Ziele, wenn man das Fernrohr des Instrumentes zweimal auf dieselbe Höhe einstellt, nämlich Vormittags und Nachmittags, und jedesmal die Uhrzeit anmerkt, zu welcher die Sonne diese Höhe (Vormittags während ihrer aufsteigenden, Nachmittags während ihrer absteigenden Bewegung) erreicht. Dann ist das Mittel der beiden Uhrzeiten bis auf einige Secunden genau die Uhrzeit des wahren Mittages. Aus einer astronomischen Ephemeride, z. B. dem Berliner Jahrbuche oder dem Nautical-Almanach, welche man ohnehin für diese Berechnungen nicht entbehren kann, ersieht man auch für den Tag der Beobachtung die sogenannte Zeitgleichung, d. h. den Unterschied zwischen der wahren und mittleren Zeit, oder die mittlere Zeit am wahren Mittage, welche mit der beobachteten Uhrzeit im wahren Mittage verglichen, den Fehler der Uhr gibt. Man nennt diess Verfahren das der correspondirenden Sonnenhöhen. Es handelt sich hierbei, wie man sieht, nicht sowohl um die ganz scharfe Bestimmung des Höhenwinkels der Sonne, sondern vielmehr, um die genaue Angabe der Uhrzeit, zu welcher die Sonne sowohl Vor- als Nachmittags dieselbe Höhe erreicht, diese Höhe mag dann sein, welche sie wolle. Jedoch ist es räthlich die Messung nicht in den dem Mittage zu nahe liegenden Stunden vorzunehmen, weil in diesen die Höhenänderung der Sonne zu gering ist, sondern lieber die

Stunden ungefähr um 9 Uhr Vormittags und um 3 Uhr Nachmittags zu wählen.

Um den Einfluss der Beobachtungsfehler so viel als möglich zu vermeiden, wird man sich nicht mit einer Messung begnügen, sondern sogleich eine Reihe von mehreren ausführen, Nachmittags das Instrument auf die letzte der vormittägigen Höhen einstellen, und die Uhrzeit anmerken, wann die Sonne diese Höhe erreicht, hierauf die vorletzte vormittägige Höhe einstellen, und wieder die Zeit des Antrittes der Sonne an diese Höhe anmerken u. s. f. durch die ganze Reihe.

78. Spiegel-Sextant.

Zu diesem Zwecke kann man auf zweifachem Wege und durch zweierlei Instrumente gelangen, durch den Spiegel-Sextanten, und durch den Höhenkreis.

Der Spiegel-Sextant (Fig. XLIX, *a*) besteht aus einem getheilten Kreisbogen *AB*, der bei den älteren Instrumenten den sechsten Theil eines Kreises betrug, bei den neueren aber eine grössere Ausdehnung hat; in der Mitte desselben ist eine kreisrunde Scheibe *C*, von welcher eine bewegliche Speiche *CD* (die Alhidade) ausgeht, an deren Ende *D* sich der Nonius befindet. Diese Speiche lässt sich durch die Schraube *E* an dem Umfange des Kreisbogens festklemmen, und dann kann die feine Bewegung durch die Mikrometerschraube *F* hervorgebracht werden. Auf der Scheibe *C* steht der Glasspiegel *GH* senkrecht, und ist fest angeschraubt, daher er an jeder Verrückung, die mit der Alhidade und dem Nonius vorgenommen wird, Theil nimmt. Ihm gegenüber, in *KL*, steht ein kleinerer Spiegel, der an einer der unverrückbaren Speichen des Instrumentes fest angeschraubt ist, und welcher seine Lage, wenn er einmal gehörig gestellt wurde, ungeändert beibehalten soll. Statt dieses Spiegels sind die neueren Sextanten mit einem spiegelnden Glasprisma versehen, wie man es in Fig. XLIX sieht, das die eine Fläche gegen den grösseren Spiegel in *C*, die andere gegen das Fernrohr *MNO* kehrt, welches in dem auf der Ebene des Kreisbogens befestigten Ring *MN* eingeschraubt wird. Die Höhe des Spiegels *GH* kann beliebig sein, jene des kleinen Spiegels aber oder des Glasprisma ist so bemessen, dass durch ihn nur die untere Hälfte des Objectivs des Fernrohres bedeckt

wird, mit der oberen, von der Ebene des Kreisbogens mehr entfernten Hälfte hingegen ein in der Richtung des Fernrohres Ox über dem kleinen Spiegel befindlicher Gegenstand x von dem Auge in O wahrgenommen werden kann. Man wird aber im Stande sein, dem Instrumente eine solche Stellung zu geben, dass auch noch ein zweiter Gegenstand y in dem Gesichtsfelde des Fernrohres erscheint. Zu diesem Zwecke drehe man das Instrument, das man mit der rechten Hand an der Handhabe PQ hält, um die Axe des Fernrohres Ox, welche ihre unveränderte Lage behalten muss, was man daraus erkennt, dass der Gegenstand x auch während der Drehung im Gesichtsfelde bleibt. Man fährt mit dieser Drehung so lange fort, bis man glaubt, dass die Verlängerung der Ebene des Kreisbogens ABC auch den Punkt y treffe. Dann halte man das Instrument so unverrückt als möglich in dieser Richtung, löse die Klemmschraube E, und bewege die Alhidade CD und mit ihr den Spiegel GH langsam auf und ab, so wird, wenn die Ebene des Kreisbogens wirklich durch y geht, dieser Punkt im Gesichtsfelde erscheinen, wo der Voraussetzung nach auch noch x gesehen wird. Ist diess der Fall, so klemme man die Schraube E und bringe mit der Mikrometerschraube F beide Bilder zur Deckung, worauf die mittelst des Nonius in D abgelesene Theilung des Kreisbogens den Winkel angibt, um welchen die beiden Gegenstände x und y von einander entfernt sind.

Hat nämlich der Spiegel GH die gehörige Lage, so wird ein von y auf ihn fallender Strahl ym in m so zurückgeworfen, dass er auf den kleinen Spiegel oder das Prisma fällt, und von diesem in n zum zweiten Male reflectirt in einer Richtung nO in das Fernrohr kömmt, welche dem directen Strahle Ox nahe parallel ist, und durch Deckung beider Bilder völlig parallel gemacht werden kann. Ist diess der Fall, so kann gezeigt werden, dass der Winkel zwischen den Ebenen beider Spiegel die Hälfte des Winkels zwischen den Puncten x und y beträgt; und da die Theilung des Kreisbogens AB so eingerichtet ist, dass der Nonius 0^0 zeigt, wenn beide Spiegel parallel sind, so wird der Winkel zwischen den beiden Spiegelebenen durch die Ablesung auf dem Kreise sogleich angegeben, wenn der Kreisbogen auf die gewöhnliche Weise getheilt ist; da es sich aber nicht so-

wohl um diesen Winkel, sondern vielmehr um den doppelten, nämlich den Winkel zwischen x und y handelt, so pflegt man die Theilung auf dem Kreisbogen so aufzutragen, dass sie dem doppelten Winkel entspricht, dass also z. B. ein Bogen von 45° in 90° getheilt wird, wodurch die Ablesung der Theilung gleich wird dem Winkel zwischen jenen beiden Punkten x und y.

Sollten die beiden Punkte, vorausgesetzt, dass sie sehr weit vom Beobachter entfernt sind, nicht zur Deckung gebracht werden können, sondern seitwärts aneinander vorübergehen, so ist der kleine Spiegel nicht gehörig gestellt. Er ist deswegen durch drei Schräubchen zu verrücken, und kann durch sie dahin gebracht werden, dass dieser Fehler verschwindet. Sind die Bilder beider Gegenstände an Lichtstärke sehr verschieden, so ist diess ein Beweis, dass von dem einen mehr Licht als von dem anderen auf das Objectiv des Fernrohres fällt, dass also das Fernrohr nicht seine gehörige Stellung hat, sondern von der Kreisebene zu entfernt oder ihr zu nahe steht. Eine auf der Kehrseite angebrachte grössere Schraube dient, diesem Uebelstande abzuhelfen.

Die parallele Lage beider Spiegel erkennt man daran, dass man zwei Bilder desselben Punktes im Gesichtsfelde sich decken sieht. In diesem Falle soll der Nullpunkt des Nonius auf den Nullpunkt der Theilung fallen. Findet diess nicht Statt, sondern liegt der Nullpunkt des Nonius innerhalb der Theilung, fällt er z. B. auf die Theilung $0^{\circ}\ 2'\ 0''$, so ist offenbar diese Ablesung und so auch alle folgenden, was immer für einem Winkel sie entsprechen mögen, um $2'$ zu gross, daher muss dieser Fehler, welchen man den Collimations-Fehler nennt, von allen Ablesungen abgezogen werden. Die Ablesungen sind aber zu klein und müssen um den Collimations-Fehler vergrössert werden, wenn bei der genauen Deckung der beiden Bilder desselben Gegenstandes der Nullpunkt ausser der Theilung fällt. In diesem Falle würde man aber die Grösse dieses Fehlers nicht mehr erkennen können, wenn die Theilung des Kreises mit dem Nullpunkte aufhörte, sie ist daher durch einige Grade auch jenseits des Nullpunktes fortgeführt.

Zu diesen Correctionen des Instrumentes wird man möglichst entfernte, scharf begränzte und gut beleuchtete Punkte

wählen, wesswegen Sterne allen anderen vorzuziehen sind. Zur Bestimmung des Collimations-Fehlers kann man auch die Sonne benützen, indem man abwechselnd bald den unteren, bald den oberen Rand zur Berührung bringt. Das Mittel der Ablesung für beide Ränder fällt, wenn kein Collimations-Fehler vorhanden ist, mit dem Nullpunkte zusammen, und der Unterschied vom Nullpunkte ist der Collimationsfehler.

Die Ablesung geschieht bei den meisten astronomischen Instrumenten mittelst der Nonien, deren Einrichtung man bereits aus dem in der ersten Abtheilung S. 9 gegebenen Verfahren kennt. Zur grösseren Deutlichkeit wurde jedoch in Fig. XLIX, *b* ein zu einer Kreistheilung gehöriger Nonius gezeichnet, in welchem jeder Grad des Kreises in 6 Theile, also von zehn zu zehn Minuten getheilt ist, so dass fünf Grade 30 Theilstriche enthalten. Der Nonius, welcher ebenfalls in 30 Theile getheilt ist, umspannt aber einen um einen Theilstrich des Kreises kleineren Bogen, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man sich den Nonius ein wenig verrückt denkt, so dass die Theilung 10 mit der Kreistheilung 80 zusammenfällt. Es trifft dann die Theilung 0 nicht auf 75, sondern auf die erste Theilung nach 75, woraus folgt, dass die 30 Theilungen des Nonius nur 29 Theilungen des Kreises gleich sind, also ist eine Theilung des Nonius um $^1/_{30}$ kleiner, als eine Theilung des Kreises. Da eine Theilung des Kreises 10 Minuten = 600 Secunden enthält, so ist der Unterschied zwischen ihr und einer Theilung des Nonius $= \frac{600}{30} = 20$ Secunden.

Wenn also der Nullpunkt des Nonius genau mit der Kreistheilung 75 zusammentrifft, so ist diess bei der nächsten Theilung des Nonius schon nicht mehr der Fall; diese fällt vielmehr schon diesseits der nächsten Kreistheilung um einen Betrag, der 20 Secunden gleich ist. Die zweite Theilung des Nonius weicht von der zweiten Theilung des Kreises um das Doppelte, also 40 Secunden, die dritte um 1 Minute ab u. s. f., daher sind zur 6., 12., 18. . . . Theilung des Nonius beziehungsweise die Zahlen 2, 4, 6 . . . gesetzt worden, welche Minuten bedeuten.

Es stehe nun der Nonius gegen den Kreis so wie er in der Figur gezeichnet ist, und es frägt sich, welches die Ablesung sei. Diese wird bestimmt durch den Stand des Nullpunktes

des Nonius, und muss daher offenbar zwischen 75° 10′ und 75° 20′ fallen. Die einzelnen Minuten und Secunden sind auf dem Nonius abzulesen, auf welchem man, von Null anfangend, so weit fortzugehen hat, bis man auf jene Theilung trifft, welche genau mit einer Kreistheilung zusammenfällt. Diese Theilung ist hier offenbar die eilfte oder die zweite nach jener Theilung, zu welcher die Ziffer 3 gehört. Da der Unterschied bei jeder Theilung 20 Secunden beträgt, so beläuft er sich bei 11 Theilungen auf 220″ = 3′ 20″, welche Grösse zur nächst kleineren Kreistheilung hinzuzugeben ist, um die Ablesung zu erhalten. Diese ist demnach

$$75^{\circ}\ 10' + 3'\ 20'' = 75^{\circ}\ 13'\ 20''$$

Will man die Höhe eines Gestirnes, z. B. der Sonne über dem Horizonte messen, so braucht man, wenn man nicht den Spiegel des Meeres als natürlichen Horizont benützen kann, einen künstlichen Horizont, das ist eine horizontale spiegelnde Fläche, die ein deutliches Bild des Gegenstandes hervorbringt, dessen Höhe bestimmt werden soll. Eine solche spiegelnde Fläche kann von Glas oder Metall sein, in welchem Falle sie durch eine Libelle genau horizontal zu stellen ist. Zweckmässiger ist eine Flüssigkeit, z. B. Quecksilber, deren reine Oberfläche sich in einer flachen Schale von selbst horizontal stellt, und einen Spiegel erzeugt, welcher aber durch eine Bedeckung von Glas, das vollkommen eben geschliffen ist, und dessen beide Flächen genau parallel laufen, oder durch ein Blatt Glimmer (Marienglas) gegen jede Beunruhigung durch den Wind gesichert werden muss. Die Reinheit des Quecksilbers wird, wenn es nicht durch Fett verunreinigt ist, leicht hervorgebracht, indem man es durch Düten von reinem Papier durchlaufen lässt. Von der guten Beschaffenheit des Planglases kann man sich überzeugen, wenn man an windstillen Tagen die Höhe eines scharf begrenzten terrestrischen Punktes sowohl ohne, als mit dem Planglase und bei verschiedenen Lagen desselben misst, und in beiden Fällen denselben Werth findet.

Die Beobachtung der Sonnenhöhe besteht darin, dass man das Fernrohr gegen den künstlichen Horizont richtet, und nachdem man das Ocular mit dem dunklen Glase bedeckt hat, das

Sonnenbild in das Gesichtsfeld zu bringen und darin zu behalten sucht. Es ist dies das durch die Spiegelung des Horizontes hervorgebrachte Sonnenbild, welches man das directe nennen kann, da es ohne Reflexion der beiden Instrumental-Spiegel erscheint. Es ist gut, sich zuerst zu üben, dieses Sonnenbild schnell zu finden, und im Gesichtsfelde zu erhalten, während man das Instrument um das unverrückt gehaltene Fernrohr als Axe dreht. Schwieriger ist es, das zweite durch doppelte Spiegelung an den beiden Instrumental-Spiegeln erzeugte Sonnenbild ins Gesichtsfeld zu bringen, was nur geschehen kann, wenn man den Sextanten so hält, dass die Verlängerung seiner Kreisebene durch die Sonne geht. Diess wird dann der Fall sein, wenn der Schatten, den die Kreisebene wirft, die geringste Breite hat, und sich in eine Linie zusammenzieht. Bei dieser Stellung des Kreisbogens und des Fernrohres, in dessen Gesichtsfelde das directe Sonnenbild immerfort gesehen wird, löse man die Klemmschraube der Alhidade und bewege diese am Kreisbogen sachte auf und ab, so wird auch das zweite Sonnenbild im Gesichtsfelde erscheinen, und kann, nachdem die Alhidade geklemmt wurde, mit der Mikrometerschraube zur Einstellung gebracht werden.

Die Einstellung besteht in der Berührung des oberen Randes des unteren Sonnenbildes mit dem unteren Rande des oberen. Wenn die Ränder Vormittags sich nähern, so sind es die Bilder des oberen Randes, wenn sie sich entfernen, die des unteren Randes. Nachmittags findet das Gegentheil Statt.

Man hat bei der Einstellung immer darauf zu sehen, dass die Bilder senkrecht über einander stehen, weil sie bei jeder anderen Stellung weiter von einander entfernt sind, daher die Berührung an einem Punkte, der in einer nicht senkrechten Verbindungslinie beider Mittelpunkte liegt, eine falsche Einstellung gibt, wovon man sich leicht durch eine leise Drehung des Instrumentes um das Fernrohr als Axe überzeugen kann; denn wurden die Bilder bei schiefer Stellung zur Berührung gebracht, und dann durch die Drehung des Instrumentes senkrecht über einander gestellt, so werden sie sich in dieser Stellung theilweise decken. Es ist gut, wenn man sich gewöhnt, jede Einstellung in dieser Beziehung durch eine sanfte Drehung zu prüfen.

Der abgelesene Winkel ist der zwischen den beiden Sonnenbildern, nämlich der wirklichen Sonne und ihrem vom Horizonte zurückgeworfenen Bilde enthaltene, daher die doppelte Sonnenhöhe.

Der Spiegel-Sextant gewährt den Vortheil, dass er keiner Aufstellung bedarf, daher auch von allen Fehlerquellen unabhängig ist, die in der Aufstellung anderer Instrumente ihren Grund haben. Dafür erfordert seine Behandlung eine grössere Einübung, um jene Behendigkeit in der Auffindung der Sonnenbilder, jene Sicherheit in der unverrückten Haltung des Instrumentes mit freier Hand, und jene Zartheit der Bewegung desselben zu erlangen, welche die Bedingungen einer verlässlichen Beobachtung sind. Man hat zwar auch Gestelle angefertigt, welche zur Aufstellung eines Sextanten dienen können, allein wer einmal die Schwierigkeiten der ersten Einübung überwunden hat, wird das Instrument wohl lieber mit der freien Hand behandeln, wodurch an Zeit gewonnen und an Verlässlichkeit der Beobachtung nichts verloren wird.

79. Höhenkreis.

Bei dem Höhenkreise hingegen, den man Fig. L und LI. abgebildet sieht, ist eine feste Aufstellung einer derjenigen Punkte, auf welche man sein Hauptaugenmerk zu richten hat, denn das Instrument muss vor der Beobachtung in seine richtige Stellung gebracht (rectificirt) werden, und soll dieselbe auch während der Beobachtung beibehalten.

Es besteht aus einer auf drei Schrauben k, k', k'' ruhenden verticalen Säule F, welche zwei concentrische und genau ineinander passende Kreise $m\,m'$ und $n\,n'$ trägt, die durch ein Gegengewicht M so balancirt sind, dass der Schwerpunkt des ganzen Systems in die durch die Mitte der Säule F gehende verticale Drehungsaxe fällt. Von den beiden Kreisen bewegt sich der innere $n\,n'$, welcher die Nonien enthält, mit dem Fernrohre, während der äussere $m\,m'$, auf welchem die Theilung aufgetragen ist, unverrückt fest stehen soll. Das Fernrohr CD ist entweder an dem Umfange des inneren Kreises, oder in der Mitte A an einer horizontalen Drehungsaxe AB befestigt, welche auch mit dem Kreise nn' in fester Verbindung ist, und um welche

die Drehung des Fernrohrs in der Verticalebene geschieht. Es lässt sich mit freier Hand bewegen, wenn die Klemmschraube *G* geöffnet ist; schliesst man aber dieselbe, so geschieht die feine Bewegung mit der Mikrometerschraube *H*. Der bequemeren Beobachtung wegen ist das Ocular des Fernrohres mit einem Prisma *L* versehen, welches den Lichtstrahl unter einem rechten Winkel bricht, und dem Beobachter erlaubt, das Auge statt in der Verlängerung der optischen Axe des Fernrohres in eine darauf senkrechte Richtung zu halten, wodurch jede Beobachtung, vorzüglich jene in der Nähe des Zenithes, ungemein erleichtert wird.

Das Instrument hat seine gehörige Stellung, wenn die Säule *F* so wie die in ihrer Mitte befindliche Rotationsaxe genau vertical steht, wenn die beiden Kreise *m m'* und *n n'* gleichfalls vertical stehen, und die Axe *AB*, um welche das Fernrohr und der äussere Kreis gedreht werden, horizontal liegt. Um die erste Bedingung zu erfüllen, befindet sich auf der verticalen Säule eine Libelle *J*, mittelst welcher die senkrechte Stellung der Axe nach dem in 20 angegebenen Verfahren untersucht und hergestellt werden kann. Bei genaueren Instrumenten dieser Art kann auch die horizontale Axe *AB* durch eine eigene Libelle genau gestellt werden.

Uebrigens ist der in Fig. L und LI abgebildete Höhenkreis so gebaut, dass er auch als Theodolit verwendet werden kann. In diesem Falle wird der Theil *B* (Fig. LI) der auf die Kreisebene senkrechten Axe in die Säule *F* gesteckt, wodurch der Kreis eine horizontale Lage bekömmt. An den bei *A* (Fig. L) sichtbaren Schraubengang wird eine Axe mit zwei Zapfen angeschraubt, welche in die Lager *P* und *Q*, deren eines auch in Fig. LI bei *RSP* sichtbar ist, eingelegt werden, und die horizontale Drehungsaxe des Fernrohres bilden. Das zweite Fernrohr *TU* wird auf einen festen Punct eingestellt und dient zur Versicherung, dass das Instrument seine Stellung beibehalten habe.

Es ist aber nicht genug, dass das Instrument vor der Beobachtung genau gestellt (rectificirt) wurde; seine Stellung soll sich auch während der Beobachtung nicht ändern, und wenn ja eine Aenderung vorgegangen ist, so soll davon genaue Rech-

nung getragen werden; desswegen muss man die Libelle *J* fortwährend im Auge behalten, weil sie jede kleine Aenderung anzeigt. Diese Aenderungen sind übrigens desto geringer, je fester die Aufstellung des Instrumentes ist. Auf einem Steinpfeiler oder einem fest in die Erde eingerammelten dicken Holzpflocke wird man nur sehr geringe Verrückungen bemerken, besonders wenn dieselben, falls sie sich in einem Gemache befinden, mit dem Fussboden des Gemaches in keinem Zusammenhange sind. Grösser sind die Verrückungen des Instrumentes, wenn man dasselbe im Freien auf einem, wenngleich soliden hölzernen Dreifusse aufstellt, weil das Holzgestelle sich leicht verzieht, und das Erdreich gewöhnlich unter den Tritten des Beobachters weicht, daher die Blase der Libelle sehr oft sich auf die dem Beobachter entgegengesetzte Seite stellt. Vorzüglich muss man sowohl das Instrument als das Gestelle vor der Einwirkung der directen Sonnenstrahlen bewahren, indem man, abgesondert von beiden, eine Beschirmung anbringt, die beides beschattet, und nur für das Objectiv des Fernrohres die zur Beobachtung nöthige Oeffnung hat. Auch die Berührung mit der Hand, die grosse Annäherung eines Körpertheils, Behauchung u. dgl. kann eine empfindliche Libelle leicht verrücken und unrichtige Angaben hervorbringen, daher man sich bei genaueren Beobachtungen vor allem diesen, so wie natürlich auch vor dem Anstossen und Anstreifen an Tisch oder Instrument zu hüten hat.

Wenn trotz aller angewandten Vorsicht die Blase der Libelle doch aus der Mitte hinaustritt, so thut man am besten, sie durch die Fusschrauben wieder auf die Mitte zurückzuführen.

In dem Gesichtsfelde des Fernrohres sieht man zwei feine Spinnfäden übers Kreuz gespannt, welche den Punkt bestimmen, in dessen Nähe die Beobachtungen auszuführen sind. Sie sollen sich in dem Brennpunkte des Objectives befinden, welcher auch der Brennpunkt des Oculars ist, was man daraus erkennt, dass bei einer Lage des Oculars, in welcher man entweder einen sehr entfernten und scharf begrenzten irdischen Punkt oder das Bild der Sonne am deutlichsten sieht, auch die Fäden am besten sichtbar werden. Ist diess nicht der Fall, so kann

man den Ring, an welchen sie angeklebt sind, durch hervorstehende Schräubchen an den gehörigen Platz verschieben. Auch durch die Bewegung des Auges, so weit sie von der kleinen Ocularöffnung gestattet ist, kann man untersuchen, ob die Fäden den gehörigen Platz einnehmen oder nicht. Bewegt man nämlich das Auge nach links und nach rechts, oder auf- und abwärts, und bleibt das Bild des irdischen Punktes, das man unter das Fadenkreuz brachte, während dieser Bewegung stets an diesem Platze, so nehmen die Fäden den gehörigen Ort ein; wenn es sich aber durch die Bewegung des Auges vom Durchkreuzungspunkte der Fäden entfernt, und zwar so, dass es auf dieselbe Seite geht, nach welcher sich das Auge bewegt, so stehen die Fäden dem Auge zu nahe, und müssen näher gegen das Objectiv gerückt werden. Bewegen sich aber Auge und Bild auf die entgegengesetzte Seite vom Durchkreuzungspunkte, so sind die Fäden dem Auge zu nähern.

Von den beiden Fäden, welche das Kreuz bilden, soll der eine senkrecht, der andere horizontal stehen. Man kann sich auch hievon überzeugen, indem man einen entfernten irdischen Punkt unter das Kreuz bringt, das Fernrohr mit der Mikrometerschraube im verticalen Sinne bewegt, und zusieht, ob der Punkt auf dem Faden bleibt oder nicht. Im letzten Falle lässt sich die Ocular-Röhre und mit ihr das Fadenkreuz durch Schräubchen um ihre Axe drehen, bis dieses eintrifft. Eben so kann man auch mit dem horizontalen Faden verfahren, der aber, wenn die Fäden gut gespannt sind, durch die Einstellung des Verticalfadens ohnehin die horizontale Richtung erhält.

Da bei Anfängern in der Beobachtung sehr oft eine Verwechslung des Horizontalfadens mit dem verticalen und umgekehrt eintritt, so kann man die Regel festhalten, dass jener Faden der verticale ist, längs welchem oder welchem parallel sich ein irdischer Gegenstand verschiebt, wenn man das Fernrohr in der Richtung vom Zenith zum Horizont oder umgekehrt bewegt, und dass jener Faden der horizontale ist, längs welchem oder welchem parallel sich ein irdischer Gegenstand verschiebt, wenn das Fernrohr in einer dem Horizonte parallelen Richtung bewegt wird.

80. Verfahren bei den Beobachtungen.

Um die Sonne schnell in das Gesichtsfeld zu bringen, ist es am besten, sich nach dem Schatten zu richten, indem man das Instrument um seine verticale Axe F so lange dreht, bis der vom Kreise geworfene Schatten die geringste Breite hat, in welchem Falle die Ebene des Kreises verlängert durch die Sonne geht. Hierauf dreht man das Fernrohr um seine horizontale Axe so lange, bis dessen Schatten ebenfalls am kleinsten wird; hält man bei dieser Lage des Fernrohres ein Blatt Papier vor das Ocular, so wird sich das Sonnenbild darauf zeigen, zum Zeichen, dass die Sonne sich im Gesichtsfelde des Fernrohres befinde. Man schiebt nun das Blendglas vor die Ocular-Oeffnung, schliesst die Klemmschrauben, und kann die Beobachtung beginnen.

Wenn man Sonnenhöhen messen will, so besteht die Beobachtung darin, dass man den oberen oder unteren Sonnenrand (d. i. einen der beiden Ränder, welche durch Bewegung des Fernrohres in verticaler Richtung zur Berührung mit dem Horizontalfaden gebracht werden) in die Nähe des Horizontalfadens bringt, und zuwartet, bis er mit ihm in Berührung tritt. Es ist am besten, diese Berührung in der Nähe des Durchkreuzungspunktes der Fäden herzustellen, also das Instrument so zu stellen, dass bei der Berührung die Sonnenscheibe vom Verticalfaden nahezu halbirt wird. Der Zeitpunkt der Berührung, nämlich der bei derselben gezählte Chronometerschlag sammt Bruchtheil wird angemerkt, und die Stellung des Fernrohres auf dem Kreise abgelesen. Man wird aber hier so wie bei der Beobachtung mit dem Sextanten am besten verfahren, wenn man das Fernrohr schon im Vorhinein auf eine bestimmte Höhe stellt, das Instrument nur in horizontaler Richtung bewegt, um den Verticalfaden stets in der Mitte der Sonnenscheibe zu erhalten, und den Augenblick abwartet, in welchem die Berührung des Randes mit dem Horizontalfaden erfolgt. Ist dieser Augenblick (die Uhrzeit) angemerkt worden, so stellt man das Fernrohr um einen Grad oder halben Grad oder eine beliebige Anzahl n von Minuten höher, wenn die Sonne steigt, oder tiefer, wenn sie sinkt, verfolgt sie mit sanfter Bewegung in horizontaler Richtung, um sie in der Mitte des Gesichtsfeldes zu erhalten, und

wartet die Zeit der Berührung ab, welche wieder angemerkt wird. Nun stellt man das Fernrohr wieder um n Minuten höher oder tiefer, und verfährt wie früher.

Nach jeder Beobachtung ist die Libelle anzusehen, und wenn die Blase ihren Stand geändert haben sollte, so ist sie durch die Fusschrauben auf ihren vorigen Ort zurückzubringen. Auch ist zu bemerken, welcher Rand beobachtet wurde, um die correspondirende Beobachtung an demselben Rande anzustellen. Jener Rand, welcher Vormittags in den horizontalen Faden hineintritt, ist der obere Rand, jener welcher aus dem Faden heraustritt, ist der untere; Nachmittags ist der austretende der obere, der eintretende der untere Rand.

Es wurde früher bemerkt, dass das Mittel der Zeiten, welche zu zwei gleichen an demselben Tage beobachteten Sonnenhöhen gehören, die Uhrzeit des Mittags nur bis auf einige Secunden genau gebe. Die Ursache, warum durch diese Beobachtung der Mittag nicht ganz genau gegeben wird, ist die Aenderung in dem Stande, namentlich der Declination (Abstand vom Aequator) der Sonne, welche in der Zwischenzeit zwischen den vor- und nachmittägigen Beobachtungen eintritt; denn wenn sich die Sonne nach dem Wintersolstitium dem Nordpole nähert, so erreicht sie in Folge dieser jährlichen Bewegung die vormittägige Höhe früher, die nachmittägige später als es ohne derselben geschehen wäre. Auch gelangt sie nicht im Meridiane, sondern einige Secunden nach dem Durchgange durch den Meridian zu ihrer grössten Höhe. Das Gegentheil tritt ein, wenn sie sich nach dem Sommersolstitium vom Nordpole entfernt. Man kann jedoch durch eine leichte Rechnung diesem Uebelstande abhelfen, und die Uhrzeit des Mittags aus der Beobachtung ganz scharf bestimmen. Es ist nämlich die Mittagsverbesserung im Winter und Frühlinge (vom Wintersolstitium bis zum Sommersolstitium)

$$= -A\mu\, tang.\varphi + B\mu\, tang.\delta$$

im Sommer und Herbste (vom Sommersolstitium bis zum Wintersolstitium)

$$= +A\mu\, tang.\varphi - B\mu\, tang.\delta,$$

wo A und B Zahlen sind, deren Logarithmen aus der Tafel I genommen werden können, μ ist die Aenderung der Declination

der Sonne in 48 Stunden, deren Logarithmen in dem Berliner Jahrbuche enthalten sind, φ ist die geographische Breite des Beobachtungsortes, und δ die Declination der Sonne für den Mittag des Beobachtungstages, ebenfalls aus dem Berliner Jahrbuche zu nehmen.

Die Tafel I für die Logarithmen von A und B hat als Argument (Eingangszahl), mit denen man die zugehörigen Logarithmen findet, die halbe Zwischenzeit zwischen der vor- und nachmittägigen Beobachtung. Hat man sowohl Vor- als Nachmittags nicht nur einzelne, sondern eine Reihe von Beobachtungen gemacht, so sucht man die Mittel der Beobachtungszeiten beider Reihen, und der halbe Unterschied dieser Mittel ist dann das Argument, mit dem man die Logarithmen von A und B aus der Tafel nimmt.

Es ist wohl für sich klar, dass man auch eine nachmittägige Beobachtung mit einer vormittägigen des folgenden Tages verbinden und daraus die Uhrzeit der Mitternacht finden kön[nen]. Aber auch diese Uhrzeit bedarf einer Verbesserung, welche durch folgende beide Formeln gegeben ist:

im Winter und Frühlinge $= (A\,tang.\varphi - B\,tang.\delta) f\mu$
im Sommer und Herbste $= (B\,tang.\varphi - A\,tang.\delta) f\mu$

wo die Buchstaben A, B, φ, δ, μ dieselbe Bedeutung w[ie] früher haben, und A, B auch aus derselben Tafel, aber nic[ht] mehr mit demselben Argumente (der halben Zwischenzeit), so[n]dern mit der Ergänzung dieser halben Zwischenzeit zu 12 Stund[en] genommen werden. Ist also z. B. die halbe Zwischenzeit zwisch[en] dem Mittel der nachmittägigen Beobachtungszeiten und jene[r] der vormittägigen des folgenden Tages gleich 8 Stunden 30 M[i]nuten, so müssen die Logarithmen von A und B aus der Ta[fel] I für die Mittagsverbesserung mit dem Argument

$$12^{St.} - (8^{St.}\,30') = 3^{St.}\,30'$$

gesucht werden. Die Grösse f ist in einer eigenen Tafel (II) gegeben, deren Argument die halbe Zwischenzeit der Beobachtungen also in diesem Falle $8^{St.}\,30'$ ist.

81. Beispiele von Zeitbestimmungen aus correspondirenden Sonnenhöhen.

1. Beispiel.

Correspondirende Sonnenhöhen mit dem Sextanten beobachtet.

Hermannstadt, 16. und 17. August 1848.

Die Uhrzeiten sind in Chronometer-Schlägen ausgedrückt, deren 150 auf die Minute kommen.

Eingestellte (doppelte) Sonnenhöhe	Uhr-Zeit der Berührung am 16. August		Uhr-Zeit der Berührung am 17. August	
	Vormittags	Nachmittags	Vormittags	Nachmittags
64° 20	20h 29′ 78s	4h 13′ 109s	20h 30′ 88s	4h 12′ 12s
64 40	30 74	12 114	31 85	11 13
65 0	31 73	11 118	32 82	10 14
65 20	32 70	10 118	33 80	9 17
65 40	33 70	9 120	34 78	8 18
66 0	34 70	8 116	35 75	7 20
66 20	35 68		36 75	6 20
66 40	36 67	Wolken	37 74	5 22
67 0	37 65		38 74	4 22
67 20	38 63		39 73	3 22
	oberer Rand			

Da am 16. August Nachmittags die ersten Beobachtungen durch Wolken verhindert wurden, so können auch von den Vormittagsbeobachtungen nur die sechs ersten verwendet werden. Die Mittel der Uhrzeiten aus der ersten vor- und letzten nachmittägigen, der zweiten vor- und vorletzten nachmittägigen u. s. f. sind folgende, wobei zu bemerken ist, dass nach astronomischer Zählung 20h statt 8h Vormittags gesetzt wurde, dass daher auch folgerecht 28h statt 4h Nachmittags in der Rechnung genommen wird.

Mittel für den Mittag des 16. August

24h	21′	93s.5
	21	94.0
	21	95.5
	21	94.0
	21	95.0
	21	93.0
Mittel oder uncorrig. Mittag = 0h	21′	94.17
oder in Secunden . . . . = 0	21	37.67

Das Mittel der Beobachtungszeiten Vormittags ist $20^h\ 32'$

„ „ „ „ Nachmittags „ $4\ 11$

daher die halbe Zwischenzeit . . . . . $3\ 49.$

die geographische Breite wurde gefunden . . . $\varphi = 45^0\ 47'$

Die Declination der Sonne ist aus dem Jahrbuche $\delta = 13\ 39$

eben dort findet man . . . . . $log\ \mu = 3.35874$

Mit der halben Zwischenzeit, als Argument, hat man

aus der Tafel I $log.\ A = 7.79985$	$log.\ B = 7.53155$
$log.\ tg.\ \varphi = 0.01197$	$log.\ tg.\ \delta = 9.38535$
$log.\ \mu = 3.35874$	$log.\ \mu = 3.35874$
$log.\ A\mu\ tg.\ \varphi = log.\ \mathrm{I} = 1.17056$	$log.\ B\mu\ tg.\ \delta = log.\ \mathrm{II} = 0.27563$
$\mathrm{I} = 14''.81$	$\mathrm{II} = 1''.89$

Correction des Mittags . . . . $= \mathrm{I} - \mathrm{II} = +12''.92$

Uncorrig. Mittag der Uhr . . . $= 0^h\ 21'\ 37.67$

Corrigirter „ „ „ . . . . $= 0\ 21\ 50.59$

Diess ist die Angabe der Uhr zur Zeit des wahren Mittages. Da sie aber nach mittlerer Zeit geht, so ist nun zu suchen, was sie, wenn sie ohne Fehler wäre, zur Zeit des wahren Mittages hätte zeigen sollen, oder was vom Beobachtungsorte die mittlere Zeit im wahren Mittage war. In dem Berliner Jahrbuche ist für den dortigen Meridian die mittlere Zeit im wahren Mittage (Zeitgleichung) gegeben:

am 15. August . . .	$4'$	$11''.48$
„ 16. „ . . .	3	59.45
„ 17. „ . . .	3	46.90

Aus den Zahlen für den 15. und 17. August findet man

die Aenderung in 48 Stunden $= 24.58$

„ „ „ 24 „ $= 12.29$

Es ist aber Hermannstadt $10^0\ 50'$ östlich von Berlin, und es braucht die Sonne 43.3 Minuten oder 0,030 Tage, um von dem Meridiane des einen Ortes zu dem des zweiten Ortes zu kommen. In dieser Zwischenzeit ändert sich die Zeitgleichung

$$\text{um } (0.030)\ (12''.29) = 0''.369,$$

und da sie abnimmt, so war sie in Hermannstadt noch grösser, als in Berlin. Es war demnach am erstgenannten Orte am 16. August 1848

die mittl. Zeit im wahren Mittage $= 3'\ 59.''45 + 0.''37 = 3'\ 59.''82$
die Uhr gab aber zu selber Zeit . . . . . 21 50 . 59
Daher ist der Fehler der Uhr $= -17\ 50\ .\ 77$

2. Beispiel. Verbindet man die Nachmittags-Beobachtungen des 16. mit den Vormittags-Beobachtungen des 17. August, so findet man auf gleiche Weise den Uhrfehler zur Zeit der wahren Mitternacht. Die Mittel der Beobachtungszeiten sind:

	12^h	$22'$	$23^s.5$
		22	24.5
		22	25.0
		22	24.0
		22	24.0
		22	20.5
Uncorrig. Mitternacht . . .	12	22	23.58
oder in Secunden	12	22	9.43
Halbe Zwischenzeit		8^h	$11'$
Ergänzung zu 12 Stunden . . .		3	49
	$\delta = 13^0$	29	.5

Mit dem Argumente $3^h\ 49'$ ist aus Tafel I

$log.\ A = 7.7995$	$log.\ B = 7.5327$
$log.\ tg.\ \varphi = 0.01197$	$log.\ tg.\ \delta = 9.38008$
$log.\ A\ tg.\ \varphi = 7.81147$	$log.\ B\ tg.\ \delta = 6.91278$
$A.\ tg.\ \varphi = 0.00648$	$B.\ tg.\ \delta = 0.00082$

$B\ tg.\ \delta - A\ tg.\ \varphi = -0.00566$
$log.\ . = 7.75282_n$ (wo n bedeutet, dass die Zahl negativ zu nehmen ist.)
$log.\ \mu = 3.36117$
aus Tafel II . . . . . $log.\ f = 0.3313$
$log.$ Correction $= 1.44529_n$
Correction $= -27.''88$
Uncorrig. Mitternacht $= 12^h\ 22'\ 9.43$
Corrig. Mitternacht . $= 12\ 21\ 41.55$

Das Berliner Jahrbuch gibt für die Mitternacht die Zeitgleichung

$3'\ 53.''17$
Correct. wegen der Meridian-Differenz $+0.37$
Mittlere Zeit in Hermannstadt . $= 12\ 3\ 53.54$
Uhrzeit . . . . . $= 12\ 21\ 41.55$
Fehler der Uhr . $= -\ 17\ 48.01$

3. Beispiel. Die Vor- und Nachmittags-Beobachtungen des 17. August geben

1. Berührung . . .	0°	33′	25″
2. „ . . .	359	30	20
3. „ . . .	0	33	30
4. „ . . .	359	30	20
5. „ . . .	0	33	35
6. „ . . .	359	30	10
Mittel = Collim. Fehler =	−0	1	53.3

negativ, weil der Nullpunkt auf die Theilung 1′ 53″ fällt, daher alle Ablesungen um diese Grösse zu hoch sind.

Die Refraction kann hier nicht näher erörtert werden; eine erschöpfende Erklärung derselben wird man in den Lehrbüchern der Astronomie suchen. Hier muss es genügen, sie in die Rechnung einführen zu können. Hierzu ist nöthig, die Zenithdistanz des beobachteten Punktes, den Stand des Barometers, des an ihm befindlichen Thermometers (die Temperatur des Quecksilbers), und die Lufttemperatur während der Beobachtung zu kennen. Es wurde angemerkt

Luftdruck = 26″ 9.‴66 Pariser Maass
Temperatur des Quecksilbers = + 17.°8 Réaumur
„ der Luft = + 17.0 „

Die beobachtete Zenithdistanz wird man aus den Ablesungen am Instrumente finden, welche die doppelte Sonnenhöhe geben. Das Mittel derselben ist

$2H$ =	65°	50′	
Collim. Fehler =	—	1	53″
Corrig. H =	32	54	3.5
$90° - H$ = Zenithdistanz =	57	5	56.5

Um die Refraction zu erhalten, dienen die Tafeln III, IV, V und VI. Tafel III gibt mit der Zenithdistanz als Argument den Logarithmus der mittleren Refraction, d. h. derjenigen, in welcher der Luftdruck und die Temperatur noch nicht berücksichtiget sind. Man findet aus ihr für die Zenithdistanz

57° 0′ . . . . $\log r = 1.9649$ mit d. Diff. f. 1′ = 0.00027
daher Diff. für 6′ . . . . . + 162
es wird demnach für 57° 6′ $\log r = 1.96652$.

Auf ähnliche Weise gibt die Tafel IV mit dem Luftdrucke als Argument

für 26″ 9‴ die Correction — 0.0196 mit der Diff. für 0‴1 = 0.00014
also für 26″ 9‴7 — 0.02058

Die Tafel V gibt für die Temperatur des Quecksilbers = 17°8
die Correction — 0.00178

Die Tafel VI endlich gibt für die Temperatur der äussern Luft = 17°0
die Correction — 0.03240

Es ist demnach der Logarithmus der Refraction
1.96625 — (0.02058 + 0.00178 + 0.03240) = 1.91149,
daher die Refraction = 81.″6 = 1′ 21.″6.

In Folge der Refraction sieht man alle Gestirne höher, als man sie im luftleeren Raum sehen würde; es ist daher die Zenithdistanz zu klein, und muss um die davon herrührende Correction vergrössert werden.

Die Parallaxe ist der Winkel, den die Gesichtslinie des Beobachters gegen das Gestirn mit der vom Mittelpunkte der Erde gegen dasselbe gezogenen geraden Linie macht. Durch Anbringung dieser Correction werden daher die gemessenen Sonnenhöhen auf den Mittelpunkt der Erde reducirt, und da man die Gestirne von diesem Standpuncte aus höher sehen würde, als es auf der Oberfläche der Erde der Fall ist, so muss die Parallaxen-Correction von der Zenithdistanz abgezogen werden. Sie ist in der Tafel VII enthalten, und gibt für die Zenithdistanz 57.°1

die Correction — 7.″2.

Da endlich die Rechnung nicht mit dem Rande, sondern mit dem Mittelpunkte der Sonne zu führen ist, so ist zu der Zenithdistanz des oberen Randes noch der aus dem Berliner Jahrbuche genommene Halbmesser für den Beobachtungstag

= 15′ 49.″6

hinzuzugeben. Mit diesen Correctionen findet man die corrigirte Zenithdistanz folgendermassen:

Beobachtete Zenithdistanz	57°	5′	56.″5
Correct. wegen Refraction	+	1	21.6
„ „ Parallaxe	—		7.2
„ „ Sonnenhalbmesser	+	15	49.6
Corrigirte Zenithdistanz = z =	57	23	0.5

Es muss nun noch die Declination der Sonne für die Beobachtungszeit gesucht werden. Da die Declination im Jahrbuche für den wahren Berliner Mittag gegeben ist, so wird es am zweckmässigsten sein, die Beobachtungszeit in wahrer Berliner Zeit auszudrücken. Man hat:

Uhrzeit der Beobachtung	=	20^h	35'.0
Fehler der Uhr . . .	=	—	17.7
Mittlere Ortszeit der Beobachtung	=	20	17.3
Zeitgleichung	=	—	3.8
Wahre Ortszeit der Beobachtung	=	20	13.5
Meridian-Diff. zwischen Berlin u. Hermannst.	=	—	43.3
Wahre Berlinerzeit der Beobachtung	=	19	30.2

Die Beobachtung war daher noch . . . . $4^h\ 29'.8 = 4.50$ Stunden vom wahren Mittage entfernt. Ist μ die aus dem Jahrbuche genommene 48stündige Aenderung, so ist $\frac{\mu}{48}$ die stündliche, und $\frac{\mu}{48}$ (4.5) die gesuchte Declinations-Aenderung, welche, zur Declination des Mittags hinzu addirt, die Declination zur Beobachtungszeit geben wird. Man hat

log. 4.5	=	0.65321	
log. μ	=	3.36361	
Compl. *log.* 48	=	8.31876	
log. Decl. Aend.	=	2.33558	
Decl. Aend.	=	3′	36″.6
Decl. im Mittage	=	13 19	52.0
Gesuchte Declin.	=	13 23	28.6
Poldistanz $= 90^0 -$ Decl. $= p$	=	76 36	31.4

Da nun die zur Zeitbestimmung nöthigen Grössen alle vorbereitet sind, so kann man zur Rechnung selbst schreiten. Diese wird nach folgenden Formeln ausgeführt.

Sei z die corrigirte Zenithdistanz,

p die Poldistanz des Sonnencentrums,

ψ das Complement der geographischen Breite zu 90°,

s der Stundenwinkel der Sonne (die wahre Sonnenzeit),

so rechne man zuerst die Grössen

$$a = \tfrac{1}{2}(p+\psi) - \tfrac{1}{2}z$$
$$b = \tfrac{1}{2}(p+\psi) + \tfrac{1}{2}z$$

und man erhält s durch die Formel

$$Cos^2 \tfrac{s}{2} = \frac{Sin\, a \,.\, Sin\, b}{Sin\, p \,.\, Sin\, \psi}$$

in dem begonnenen Beispiele hat man

$\psi = 90^0 - 45^0\ 47'\ 17'' = 44^0\ 12'\ 43''$
$p = 76\ 36\ 31$
$\frac{1}{2}(p+\psi) = 60\ 24\ 37$
$\frac{1}{2}s = 28\ 41\ 30$
$a = 31\ 43\ 7$
$b = 89\ 6\ 7$

$log.\ Sin\ a = 9.7207776$
$log.\ Sin\ b = 9.9999466$
$log.\ Sin\ p = 9.9880283$
$log.\ Sin\ \psi = 9.8434287$
$log.\ (Sin\ a\ .\ Sin\ b) = 9.7207242$
$log.\ (Sin\ p\ .\ Sin\ \psi) = 9.8314570$
$log.\ Cos^2\frac{s}{2} = log.\ Cos\frac{s}{2} = 9.8892672$
$log.\ Cos\frac{s}{2} = 9.9446336$
$\frac{s}{2} = 28^0\ 19'\ 15''$
$s = 56\ 38\ 30$
in Zeit $= \frac{s}{15} = 3^h\ 46'\ 34.^s0$ vor dem wahren Mittage.

Wahre Zeit der Beobachtung	=	20	13 26.0
Zeitgleichung	=	+	3 49.30 *)
mittlere Zeit	=	20	17 15.30
die Uhrzeit ist im Mittel . . .	=	20	35 1.36, daher wird z. Beobachtungszeit der Fehler der Uhr = — 17 46.06.

In den meisten Fällen wird die Rechnung auch mit fünfstelligen Logarithmen hinlänglich genau sein.

83. Bestimmung des Azimutes eines festen Punktes.

Die magnetische Declination kann nicht bestimmt werden, wenn nicht der Winkelabstand eines festen in der Nähe des Horizontes befindlichen Punktes (der Mire) vom geographischen Meridian des Beobachters (das Azimut der Mire) bekannt ist, weil hierdurch erst die Richtung des Meridians oder der Mittagslinie gefunden wird, welche — mit jener der magnetischen Axe der Magnetnadel verglichen — die Declination gibt. Man bedient sich zur Bestimmung des Azimutes am besten eines Theoliten, und es kann der magnetische Theodolit von Lamont selbst hierzu ver-

*) Die Zeitgleichung wird auf ähnliche Weise gefunden, wie die Declination. Man hat nämlich aus dem Jahrbuche die 48stündige Aenderung vom 16.—18. August $= 25''.59$. Es ist also

$log.$	4.5	= 0.65321
$log.$	25.59	= 1.40807
Compl. $log.$	48	= 8.31876
$log.$ Aend.		= 0.38004
Aend.		= 2''40
Zeitgleichung im Mittage		= 3' 46.90
Gesuchte Zeitgleichung		= 3 49.30

wendet werden, wenn, wie diess bei dem in Prag befindlichen der Fall ist, sich eine Vorrichtung daran befindet, Sonnenbeobachtungen anzustellen.

Man stellt zuerst den Theodoliten so, dass die aufgesetzte Libelle (nach 20) in jeder Richtung des Fernrohres einspielt, berichtigt das Fadenkreuz (nach 79) dahin, dass der eine Faden genau senkrecht, der andere horizontal stehe, und legt das Fernrohr in seinen Lagern mehrmals um, oder dreht den Horizontalkreis um 180,° damit (nach 2) der Collimationsfehler bekannt werde.

Hat man auf diese Weise die Fehler des Instrumentes erkannt und möglichst verbessert, so richte man das Fernrohr zuerst auf die Mire, schliesse die Klemmschraube, bringe mit der Micrometerschraube die Bedeckung derselben vom Fadenkreuze zu Stande, und merke an, was bei dieser Lage des Fernrohres die Nonien angeben. Sodann öffne man die Klemmschrauben, richte das Fernrohr gegen die Sonne, so dass diese sich in jenem Theile des Gesichtsfeldes befinde, wo sie sich dem Fadenkreuze nähert, aber dasselbe noch nicht berührt hat, schliesse dann die Klemmschraube und stelle das Fernrohr auf einen solchen Höhenwinkel, dass der Horizontalfaden (nämlich jener der beiden Fäden des Kreuzes, welcher, wenn es auf die Mire gerichtet ist, eine horizontale Lage hat), die Sonnenscheibe halbirt. Diese wird nun dem Vertikalfaden immer näher zu kommen scheinen, und damit die bald erfolgende Berührung des Sonnenrandes mit dem Vertikalfaden in der Nähe des Kreuzes geschehe, suche man durch die Mikrometerschraube das Fernrohr immer in jene Höhe zu stellen, dass der Horizontalfaden fortwährend durch die Mitte der Sonnenscheibe geht. Zugleich zähle man die Schläge des Chronometers um genau jenen Schlag angeben zu können, bei welchem der erste Sonnenrand den Verticalfaden berührt. Dieser Schlag so wie die zu ihm gehörige Minute und Stunde merke man an. Hierauf lese man den Stand des Fernrohres auf dem Horizontalkreise ab, schreibe diese Ablesung an, und suche dann auch die Zeit des Durchgangs des zweiten Sonnenrandes durch das Fadenkreuz oder durch den verticalen Faden in der Nähe desselben zu beobachten, wozu man wieder die Höhe des Fernrohres so stellt, dass der Hori-

zontalfaden stets durch die Mitte der Sonnenscheibe geht. Ganz auf dieselbe Weise ist der Durchgang des zweiten Sonnenrandes zu beobachten. Da der zweite Durchgang 2 bis 5 Minuten oder noch später nach dem ersten eintritt, so hat man für die Ablesung der Nonien zwischen beiden hinlänglich Zeit. Ist man jedoch im ganzen Verfahren noch nicht gehörig eingeübt, so wird es besser sein, diese Ablesung bis nach dem Durchgange des zweiten Sonnenrandes zu verschieben. Das Mittel der Durchgangszeiten beider Ränder ist die Durchgangszeit des Sonnenmittelpunktes, und diese Zeit ist es, die man bei der Berechnung braucht.

Man hat während der Beobachtung, nämlich in der Zwischenzeit zwischen den Durchgängen beider Ränder jede Berührung des Instrumentes, die nicht nöthig ist, zu vermeiden, um so mehr also jeden Stoss nicht nur an das Instrument, sondern auch an das Gestelle, so wie auch die geringste Drehung der Mikrometerschraube des Azimutalkreises. Ferner ist das Instrument durch eine Beschirmung, die nur für das Objectiv des Fernrohres eine hinreichende Oeffnung lässt, vor dem Einflusse der directen Sonnenstrahlen zu schützen, und die Libelle durch gehörige Benützung der Fussschrauben in der Mitte zu erhalten.

Nach vollendeter erster Beobachtung beider Ränder kann man sogleich zur zweiten schreiten, indem man die Klemmen löst, das Fernrohr so weit gegen Westen rückt, dass die Sonne wieder jenseits des Fadenkreuzes zu stehen kömmt, und so wie bei der ersten Beobachtung verfährt. Nach vier- oder fünfmaliger Wiederholung, wodurch das Resultat einen hinlänglichen Grad von Sicherheit erlangt, wird das Fernrohr nochmals auf die Mire eingestellt, sowohl um auch hier einen Beobachtungsfehler möglichst zu vermeiden, als auch um sich zu überzeugen, dass das Instrument während der Beobachtungsreihe unverrückt geblieben ist, was man daraus erkennt, dass das auf die Mire eingestellte Fernrohr nahezu dieselbe Ablesung gibt, wie bei der ersten Einstellung.

Es ist bequem, die Beobachtungen so einzurichten, dass jede derselben von der vorgehenden um eine gleiche Aenderung des Azimutes z. B. um einen Grad verschieden ist.

Die Berechnung der Beobachtungen wird sich am besten in einem Beispiele zeigen lassen. Sie geschieht nach den Formeln

$$tang\, n = \frac{tang\, \delta}{cos\, s}$$

$$tang\, \omega = \frac{cos\, n\, tang\, s}{cos\, (n + \psi)}$$

in denen δ die Declination, s der Stundenwinkel der Sonne (die wahre Sonnenzeit) im Augenblicke der Beobachtung ist; ψ bedeutet das Complement der geographischen Breite des Beobachtungsortes zu 90°, n ist eine Hilfsgrösse und ω das gesuchte Azimut.

§. 84. Beispiel einer Azimut-Bestimmung.

Am 10. April 1848 (bürgerlich gerechnet) wurde in Prag folgende Beobachtung angestellt:

Uhrzeit Dent.		Ablesung.		Mire.	
1. Sonnenrand	2. Sonnenrand	1. Nonius	2. Nonius	1. Nonius	2. Nonius
21h 16′ 106″	21h 19′ 47″	158° 0′	338° 0′	145° 17.0	325° 16.0
21 21 5	21 23 104	157 0	337 0		
21 25 40	21 27 137	156 0	336 0		
21 29 68	21 32 14	155 0	335 0	145 17.0	325 16.0

Die Uhrzeiten sind astronomisch gerechnet, so dass 21h die 9te Vormittagsstunde bedeutet, und in mittleren Stunden, Minuten und in Chronometer-Schlägen ausgedrückt, deren 150 auf die Minute gehen. Der Uhrfehler zur Zeit der Beobachtung war − 45′ 17.″ 42, durch welchen die Uhrzeit auf mittlere Sonnenzeit gebracht wird. Um die Berechnung zu vereinfachen, kann man bei der schnellen Aufeinanderfolge, der Beobachtungen ohne Anstand zuerst das Mittel der Durchgangszeiten beider Ränder, und dann den Durchschnitt aller vier Beobachtungen nehmen, welchen man als eine einzige Beobachtung der Rechnung zu Grunde legen wird.

Die Mittel der Durchgänge beider Ränder sind

21^h	18′	1:5
21	22	54.5
21	26	88.5
21	30	116.0
und ihr Durchschnitt ist 21	24	65.1

oder in Zeitsecunden statt den Chronom. Schlägen 21^h 24′ 26″04

Fehler der Uhr . . . . . — 45 17.42

Mittlere Prager Zeit 20 39 8.62

Um aus dieser Zeit die wahre Zeit oder den Stundenwinkel der Sonne zu erhalten, wird man die Zeitgleichung abziehen, welche man aus dem Berliner Jahrbuche nach dem in 82 angegebenen Verfahren berechnet.

Man findet: Mittlere Prager Zeit = 20^h 39′ 8″. 62

Zeitgleichung . . . = 1 18 . 30

Wahre Prager Zeit = 20 37 50 . 32

Der Stundenwinkel der Sonne ist die in Bogen verwandelte (1 Stunde = 15°) wahre Sonnenzeit. Da die Sonne östlich vom Meridian steht, so wird man besser thun, den Stundenwinkel östlich zu nehmen, d. h. das Complement der Beobachtungszeit zu 24 Stunden in Bogen zu verwandeln.

Da die Beobachtungszeit

= 20^h 37′ 50″. 32

ist, so ist das Complement

= 3 22 9. 68

Es geben aber

3 Stunden in Grade verwandelt 45°

22 Minuten „ „ „ 5 30′

9.68 Secunden „ „ „ 2 25″

Daher der östliche Stundenwinkel 50 32 25 = 50° 32′ 4 = s

Die Declination der Sonne zur Beobachtungszeit ergibt sich nach dem in 82 angedeuteten Verfahren δ = 8° 2′.2.

Da nun alle zur Rechnung nöthigen Behelfe vorhanden sind, so kann diese selbst begonnen werden. Sie stellt sich folgender Maassen:

$lg.\ tg.\ \delta = 9.14981$
$lg.\ Cos.\ s = 9.80314$
$lg.\ tg.\ n = 9.34667$
$n = 12^{0}\ 31'.5$

wegen der geographischen Breite von Prag $= 50^{0}\ 5'.3$ wird

$\psi = 39\ 54.7$
$n + \psi = 52\ 26.2$
$lg.\ Cos.\ n = 9.98954$
$lg.\ tg.\ s = 10.08451$
$lg.\ (Cos.\ n\ tg.\ s) = 20.07405$
$lg.\ Cos.\ (n + \psi) = 9.78507$
$lg.\ tg.\ \omega = 10.28898$
$\omega = 62^{0}\ 47'.6$

d. h. das Sonnen-Centrum stand zur Beobachtungszeit $62^{0}\ 47'.6$ östlich vom Meridian.

Um nun den Punkt des horizontalen Kreises des Theodoliten kennen zu lernen, welcher in dem durch seinen Mittelpunkt gehenden Meridian liegt, bedenke man, dass dem Mittel der Beobachtungszeiten auch das Mittel der Ablesungen auf dem Kreise entsprechen müsse, und dass dieses Mittel in der angeführten Beobachtungsreihe $= 246^{0}\ 30'.0$ ist. Wenn also zur Beobachtungszeit, nämlich um $20^{h}\ 37'\ 50''.32$ das Fernrohr so auf die Sonne gerichtet gewesen wäre, dass das Fadenkreuz den Sonnenmittelpunkt in diesem Augenblicke gedeckt hätte, so würde man bei dieser Stellung des Rohrs auf dem Kreise $246^{0}\ 30'.0$ abgelesen haben. Da aber die Sonne damals noch $62^{0}\ 47'.6$ östliches Azimut hatte, und, wie man aus der Beobachtungsreihe sieht, die Theilungszahlen des Kreises kleiner werden, so wie das östliche Azimut der Sonne kleiner wird, so würde, wenn man die Sonne bis in den Meridian verfolgt hätte, die Ablesung noch um $62^{0}\ 47'.6$ abgenommen haben, d. h. die Ablesung, wenn das Fernrohr in den Meridian gestellt ist, wird sein

$246^{0}\ 30'.0 - 62^{0}\ 47'.6 = 183^{0}\ 42'.4$

als das Fernrohr auf die Mire gestellt war, fand man aber im Mittel . . . . . $235^{0}\ 16'.5$

Es steht daher die Mire östlich vom Meridiane um $51\ 34.1$

welches das östliche Azimut der Mire ist.

85. Bestimmung der geographischen Breite.

Wer sich im Besitze eines Sextanten oder Höhenkreises und einer astronomischen Uhr befindet, ist auch im Stande die geographische Breite, oder wie man zu sagen pflegt, die Polhöhe seines Beobachtungsortes zu bestimmen, und da diese, wie man gesehen hat, bei der Berechnung des Uhrfehlers und Azimutes nicht entbehrt werden kann, so soll das Verfahren hiebei noch gezeigt werden. Man scheint sich freilich im Kreise herum zu bewegen, indem man zur Auffindung des Uhrfehlers die Polhöhe, und um diese zu finden, den Uhrfehler kenne muss, allein man hat schon gesehen, dass um den Uhrfehler aus correspondirenden Sonnenhöhen zu bestimmen, eine genäherte Kenntniss der Polhöhe genügt, wie sie aus jeder guten Landkarte entnommen werden kann. Andererseits gibt es auch Methoden die Polhöhe zu bestimmen, bei denen man den Uhrfehler gar nicht oder nur genähert zu kennen nöthig hat.

Es soll hier nur das Verfahren gezeigt werden, durch welches aus den Mittagshöhen der Sonne die Polhöhe gefunden wird, und um die Möglichkeit im Allgemeinen einzusehen, betrachte man die Fig. LII, in welcher $PZSQ$ den Meridian des Beobachters, Z sein Zenith, Hh seinen Horizont, P den Himmelspol, und 90° davon entfernt AQ den Aequator, also ZQ die Polhöhe *) darstellt. Ist die Sonne in S im Meridian des Beobachters, hat dieser die mittägige Zenithdistanz $ZS = z$ beobachtet, und kennt er aus der astronomischen Ephemeride ihre Declination $\delta = SQ$ im Augenblicke des Durchganges durch den Meridian, so ist die Polhöhe

$$ZQ = ZS + SQ = z + \delta$$

wo so wie in 82 die Zenithdistanz von Refraction und Parallaxe befreit und auf den Sonnenmittelpunkt bezogen sein muss.

Wäre man also in der Lage, dass man den Fehler seiner Uhr noch nicht kennte, auch keine gute Landkarte besässe, aus der man die geographische Breite entnehmen könnte, so hat man nichts weiter nöthig, als mit dem Sextanten oder Hö-

*) Da, wie man sich leicht überzeugen kann, der Bogen ZQ dem Bogen PH gleich ist, so wird dadurch der Name Polhöhe gerechtfertigt.

henkreise einige Zeit vor dem Mittage die Sonnenhöhe zu messen, und zuzuwarten, bis sie nicht mehr wächst, sondern abzunehmen beginnt. Die grösste Höhe, welche man erhält, ist die Mittagshöhe, welche, wenn man die Declination der Sonne kennt, sogleich einen sehr genäherten Werth der Polhöhe geben wird.

Gewöhnlich wird man sich aber nicht mit einer vereinzelten Beobachtung begnügen, sondern eine Reihe derselben anstellen, während welcher sich aber die Sonne nicht im Meridiane, sondern östlich oder westlich, wenngleich in geringer Entfernung von demselben befinden wird. Es muss also ein Mittel gegeben sein, die vor oder nach dem Durchgang durch den Meridian beobachteten Sonnenhöhen, welche man Circummeridian - Höhen heisst, so zu verbessern, dass man aus jeder derselben die Meridian-Höhe erlangen kann, oder wie man zu sagen pflegt, auf den Meridian zu reduciren. Man wird dann eben so viele Meridian-Höhen haben, als man in und ausser demselben Beobachtungen angestellt hat, und das Mittel wird eine so viel genauere Bestimmung der Polhöhe geben.

Da die Höhe der Sonne sich ändert, je nachdem sie mehr oder weniger vom Meridiane entfernt ist, welche Entfernung wieder von dem Stundenwinkel oder der wahren Sonnenzeit abhängig ist, so muss man vor allen die wahre Sonnenzeit berechnen, bei welcher eine Beobachtung gemacht worden ist, wobei man jedoch, wenn genau verfahren werden soll, die schon in 80 erörterte Aenderung der Declination der Sonne wieder zu berücksichtigen hat, denn sie macht eine Verbesserung nöthig, welche am besten an die Zeit des Mittags angebracht wird, indem man sie eben so viele Secunden vergrössert oder verkleinert, als deren zwischen dem Durchgange durch den Meridian und der Zeit der grössten Höhe verflossen sind. Bedeutet für den Mittag des Beobachtungstages

δ die Declination der Sonne,

φ die genäherte Polhöhe des Beobachters,

μ die 48stündige Aenderung der Declination,

A eine constante, für welche $log\ A = 7.72470$,

so ist die Verbesserung

$$C = A\mu \frac{Sin\,(\varphi - \delta)}{Cos\,\varphi\ Cos\,\delta} = A\mu \,.\, a\ , \quad \text{wo } a = \frac{Sin\,(\varphi - \delta)}{Cos\,\varphi\ Cos\,\delta}.$$

Wird die Declination der Sonne südlich, so ist $Sin\,(\varphi+\delta)$ statt $Sin\,(\varphi-\delta)$ zu setzen.

In unseren Gegenden, wo φ immer grösser ist als δ, wird die Correction positiv, wenn μ positiv ist, d. h. im Winter und Frühlinge (so lange die Sonne sich dem Nordpole nähert), im Sommer und Herbste ist sie negativ.

Hat man die Zeit des wahren Mittags durch die Grösse C verbessert, und die Beobachtungszeiten durch die angebrachte Uhr-Correction und Zeitgleichung in wahre Sonnenzeiten verwandelt, so sind die Unterschiede zwischen diesen Zeiten und der des Mittags die den Beobachtungen zugehörigen Stundenwinkel, welche man aber einfacher erhält, wenn man zur mittleren Zeit des wahren Mittags, welche aus der Ephemeride durch die Zeitgleichung gegeben ist, den Uhrfehler hinzugibt (addirt, wenn die Uhr mehr zeigt als sie zeigen sollte, subtrahirt, wenn sie weniger zeigt), so wie die Correction C, und von der hiedurch gefundenen Uhrzeit des corrigirten Mittags die Uhrzeit der Beobachtung abzieht.

Sind auf diese Weise die Stundenwinkel $= s$ für jede Beobachtung gerechnet, so sucht man mit ihnen als Argument aus der Tafel VIII die Grössen

$$m = \frac{2\,sin^2\frac{s}{2}}{sin\,1''} \text{ und } n = \frac{2\,sin^4\frac{s}{2}}{sin\,1''}$$

und dann ist die gesuchte Reduction auf den Meridian

$$x = \frac{m}{a} - \frac{n\,cotg\,(\varphi-\delta)}{a^2}$$

wo wie in obiger Formel

$$a = \frac{sin(\varphi-\delta)}{cos\,\varphi\,cos\,\delta}$$

ist.

Der Factor n wird für Stundenwinkel unter 10 Zeitminuten so klein, dass das zweite Glied der Reduction vernachlässigt werden kann.

Die beobachtete Zenithdistanz um die Reduction verkleinert, gibt die Meridian-Zenithdistand $= Z$. Das Mittel aller Meridian-Zenithdistanzen wird wie in 82 wegen Refraction, Parallaxe und dem Halbmesser der Sonne corrigirt, und mit diesem corrigirten Mittel z findet man die Polhöhe

$$\varphi = z + \delta.$$

86. Beispiel einer Polhöhenbestimmung mit dem Sextanten.

Am 4. Mai 1848 wurden in Brünn folgende Circummeridian-Höhen des unteren Sonnenrades mit einem Sextanten beobachtet:

Uhrzeit.	Ablesung.	Uhrzeit.	Ablesung.	Uhrzeit.	Ablesung.
23ʰ 45′ 102ˢ	113° 16′ 20″	23ʰ 52′ 128ˢ	113° 16′ 10″	23ʰ 59′ 149ˢ	113° 8′ 0″
23 49 88	113 16 30	23 53 112	113 15 20	0 0 117	113 6 0
23 50 83	113 16 30	23 54 88	113 14 5	0 1 76	113 5 30
23 51 64	113 17 0	23 55 55	113 13 40	0 2 105	113 2 30
23 52 14	113 16 30	23 57 113	113 11 20	0 3 69	113 1 20
		23 59 10	113 9 20		

Die Uhr machte 150 Schläge in der Minute, und die Beobachtungszeiten sind in Uhrschlägen ausgedrückt. Die Ablesung ist die doppelte Sonnenhöhe. Zur Bestimmung des Collimationsfehlers wurde folgende Beobachtung gemacht:

1. Berührung	359° 30′	5″
2. „	0 33	50
3. „	359 30	10
4. „	0 33	45
5. „	359 30	15
6. „	0 33	50

woraus der Collimationsfehler $= -1' 59''.2$ hervergeht. Der Barometerstand war $= 27''\ 6'''.47$ bei $12°.1$ Réaum. des Quecksilbers und $11°.8$ Lufttemperatur. Die Uhr zeigte zu wenig um $F = 7'\ 51''.3$.

Es ist nun zuerst die Zeitgleichung und die Declination der Sonne für die Zeit der Beobachtung, nämlich für den wahren Mittag zu Brünn zu suchen, was nach dem in 82 angewendeten Verfahren geschehen wird. Es ist der Längenunterschied zwischen Brünn und Berlin $= 3° 13' 24''$ im Bogen
oder in Zeit . . . . . $= 12' 53''.6 = 0.215$ Stunden.

Es tritt also der wahre Mittag um 0.215 Stunden früher in Brünn als in Berlin ein.

Die 48stündige Aenderung, die für die Declination ohnehin in der Ephemeride durch *log.* μ gegeben ist, findet man für die Zeitgleichung

$$= 11''.42.$$

Es ergibt sich daher für die Auffindung der Aenderung der Declination und Zeitgleichung während der angeführten Zwischenzeit folgende Rechnung:

	Declination.	Zeitgleichung.
log. 0.215 =	9.33244	9.33244
log. μ =	3.31687	1.05767
Compl. *log.* 48 =	8.31876	8.31876
log. Aend. =	0.96807	8.70887
Aend. =	9".3	0".05
im Berl. Mittage δ =	16° 4′ 18.9 . . .	Zeitgl. = 3′ 24.44
im Brün. Mittage δ =	16 4 9.6 . . .	Zeitgl. = 3 24.39

Mit der genäherten Polhöhe $\varphi = 49°\,11'$ berechne man nun die Verbesserung des Mittages nach der Formel

$$C = \mu . A . a$$

$$\text{wo } a = \frac{Sin\,(\varphi - \delta)}{Cos\,\varphi\; Cos\,\delta} \text{ und } log\, A = 7.72470$$

$\varphi = 49°\;11'$
$\delta = 16\;\;4$
$\varphi - \delta = 33\;\;7$
log. Sin $(\varphi - \delta) = 9.73747$
C log Cos $\varphi = 0.18466$
C log Cos $\delta = 0.01730$
log $a = 9.93943$
log $A = 7.72470$
log $\mu = 3.31687$
log $C = 0.98100$
$C = +\;\; 9".6$

Man kann nun die corrigirte Uhrzeit des wahren Mittages rechnen. Nach der Zeitgleichung ist die mittlere Zeit um 3′24".4 kleiner, als die wahre Zeit, ist daher im wahren Mittage, oder um 0ʰ 0′ 0″ wahrer Zeit

die mittlere Zeit = 23ʰ 56′ 35·6
Uhrfehler F = — 7 51.3
C = + 9.6
Corr. Uhrzeit im wahr. Mittage = 23 48 53.9

Mittelst dieser Uhrzeit des Mittages erhält man durch Subtraction von den einzelnen Beobachtungs-Uhrzeiten die Stundenwinkel $= s$, und dadurch aus der Tafel VIII die zur Berechnung der Reduction nöthigen Grössen m und n. Diese Berechnung soll an den zwei ersten und den drei letzten der oben angeführten Beobachtungen gezeigt werden, in welcher man jedoch zuerst die Chronometerschläge in Zeitsecunden verwandeln wird.

Mittag	$23^h\,48'\,53''.9$	$23^h\,48'\,53''.9$	$23^h\,48'\,53''.9$	$23^h\,48'\,53''.9$	$23^h\,48'\,53''.9$
Beob. Zeit	23 45 40.8	23 49 35.2	0 1 30.4	0 2 42.0	0 3 27.6
s	3 13.1	0 41.3	12 36.5	13 48.1	14 33.7
$\log m$	1.30829	9.96339	2.49424	2.57278	0.61941
Compl. $\log a$	0.06057	0.06057	0.06057	0.06057	2.06057
$\log \frac{m}{a}$	1.36886	0.02396	2.55481	2.63335	2.67998
$\log n$	—	—	9.36034	9.53195	9.62362
$\log \cot g\,(\varphi-\delta)$	—	—	10.18555	10.18555	10.18555
Comp. $\log a^2$	—	—	0.12114	0.12114	0.12114
$\log \frac{n \cot g\,(\varphi-\delta)}{a^2}$	—	—	9.66703	9.83864	9.93031
$\frac{m}{a}$	23".4	1".1	358".8	429".9	478".6
$\frac{n \cot g\,(\varphi-\delta)}{a^2}$	—	—	— 0.5	— 0.7	— 0.9
Reduction	23.4	1.1	5′ 58.3	7′ 9.2	7′ 57.7

Da man auf dem Instrumente nur 10 Secunden ablesen, und ungefähr die Hälfte davon noch schätzen kann, so ist es nicht nöthig, die Rechnung mit Bruchtheilen von Secunden weiter zu führen; man kann sich, bis man zu den Mittelwerthen gelangt, mit ganzen Secunden begnügen. Rechnet man auf gleiche Weise die Reductionen auch für die übrigen Beobachtungen, so findet man dafür die in der folgenden Tafel angeführten Grössen. Um aus den auf dem Instrumente abgelesenen Zahlen die Sonnenhöhe zu finden, muss man sie wegen der in 78 angegebenen Einrichtung, welche den aufgetragenen Theilungen den doppelten Werth zuweist, halbiren, wodurch man die in der ersten Spalte der folgenden Tafel enthaltenen Sonnenhöhen findet.

Beobachtete Höhen	Reduction +	Meridian-Höhen
56° 38′ 10″	23	56° 38′ 33″
56 38 15	1	38 16
56 38 15	6	38 21
56 38 30	14	38 44
56 38 15	23	38 38
56 38 5	35	38 40
56 37 40	53	38 33
56 37 3	1′ 13	38 16
56 36 50	1 34	38 24
56 35 40	2 57	38 37
56 34 40	3 53	38 33
56 34 0	4 38	38 38
56 33 0	5 19	38 19
56 32 45	5 58	38 43
56 31 15	7 9	38 24
56 30 40	7 58	38 38

Mittel = 56 38 31.1
Collim. Fehler = — 59.6 [1])
Corrig. Meridian-Höhe = 56 37 31.5
Merid. Zenithdistanz = 33 22 28.5 = Z.

Mit dieser Zenithdistanz und den Angaben des Barom und der Thermometer findet man die Refraction wie obe 82, nämlich

aus Tafel III log. r = 1.59687
„ „ IV . . . = —0.00715
„ „ V . . . = —0.00121
„ „ VI . . . = —0.02272
log. Refr. = 1.56579
Refr. = + 36.″8
aus Tafel VII Parallaxe = — 4.6

Der Halbmesser der Sonne ist nach der Ephem = 15′ 52.″2, und muss, da der untere Sonnenrand beoba worden, also die Zenithdistanz zu gross ist, von dieser abgez werden. Man hat daher

Z = 33° 22′ 28″5
Refr. + Parall. = + 32.2
Halbmesser = — 15 52.2
z = 33 7 8.5
δ = 16 4 9.6
Polhöhe = φ = 49 11 18.1

[1]) Da der Collimationsfehler, so wie alle auf dem Sextanten abgele Bögen, nur die Hälfte des abgelesenen Werthes beträgt, so ist auc dieser halbe Werth in Rechnung zu nehmen, wenn man nicht etwa in §. 82, die doppelten Höhen damit corrigiren will.

87. Polhöhen-Bestimmung mit dem Höhenkreise.

Wenn man mit einem Höhenkreise beobachtet, so muss statt des Collimations-Fehlers der Zenithpunkt des Kreises in Betracht gezogen werden, nämlich jene Theilung, welche gegen das Zenith des Beobachters gerichtet ist, denn von diesem aus ist die Zenithdistanz zu rechnen. Das einfachste Mittel, den Zenithpunkt kennen zu lernen, und die Polhöhe von demselben unabhängig zu machen, ist, die Circummeridian-Höhen bei zwei Lagen des Kreises zu beobachten, nämlich einige in der Lage, welche in Figur LI dargestellt ist, wenn man annimmt, dass die Ebene des Papieres die Richtung von Ost (links) nach West (rechts) habe, also das Antlitz des Beschauers nach Süden gerichtet sei; die übrigen aber, nachdem man dem Instrumente eine Wendung von 180° im Horizonte gegeben hat, so dass das Fernrohr und der Kreis nicht mehr rechts von der Säule *F* (westlich), sondern links von ihr (gegen Ost) zu stehen kömmt. Man sieht leicht ein, dass das Fernrohr, das früher auf die Sonne eingestellt war, nach dieser Wendung gegen Norden gerichtet sein wird, und dass man es um die doppelte Zenithdistanz gegen Süden drehen müsse, um die Sonne wieder in's Gesichtsfeld zu bringen. Hat man also alle vor dieser Wendung (bei Kreis West) gemachten Ablesungen auf den Meridian reducirt und ihre Mittel $= M$ genommen, und ist M' das Mittel der auf den Meridian reducirten Ablesungen nach der Wendung (bei Kreis Ost), so ist die vom Zenithpunkt unabhängige

Zenithdistanz . . . . . $= \frac{1}{2}(M' - M)$

und der Zenithpunkt ist $= \frac{1}{2}(M' + M)$

Es ist wohl für sich klar, dass man den Zenithpunkt auch eben so gut mittelst eines fixen Punktes am Horizonte bestimmen könne, auf welchen man das Fernrohr bei Kreis Ost und Kreis West einstellt, und das Mittel beider Ablesungen nimmt.

88. Correction wegen der Libelle.

Wenn das Instrument während der Beobachtung sich verstellt, was durch eine Abweichung der Libellenblase von der Mitte angedeutet wird, so muss man es durch die Fussschrauben gleich wieder in die richtige Lage bringen. Ist die Abweichung nicht gross, beträgt sie nur einige Theilstriche, so thut man

besser, sie in Rechnung zu bringen, zu welchem Zwecke man den Werth eines Theilstriches kennen muss. Zu dieser Kenntniss gelangt man, wenn der Werth nicht ohnehin auf der Libelle angemerkt ist, am einfachsten, wenn man das Instrument so stellt, dass die Axe der Libelle in der durch eine Fussschraube gelegten Verticalebene, oder dieser Ebene parallel ist. Mit dieser Fussschraube hebt oder senkt man das Instrument, bis die Blase der Libelle weit von der Mitte entfernt ist, ohne dass jedoch das eine ihrer Enden von der Fassung versteckt wird. Bei dieser Stellung des Instrumentes richtet man das Fernrohr auf einen festen Punkt, den man unter das Fadenkreuz bringt, worauf sowohl die Nonien des Kreises, als die den Blasenenden entsprechenden Theilungen der Libelle abgelesen werden.

Nun schraube man dieselbe Fussschraube so, dass die Blase sich auf die entgegengesetzte Seite von der Mitte entfernt, stelle das Fernrohr wieder auf denselben festen Punkt ein, und lese Kreis und Libelle ab. Dieses Verfahren wiederhole man mehrmals.

Ist A die erste Ablesung des Kreises, A' die zweite,

N, S die d. Blasenenden entsprech. Theil. der Libelle bei d. ersten

N', S' „ „ „ „ „ „ „ bei der zweiten Ablesung, so ist der Werth eines Theilstriches der Libelle

$$W = \frac{A'-A}{\frac{1}{2}[(N'-N)+(S-S')]}$$

und W' ist in Secunden ausgedrückt, wenn $A'-A$ so ausgedrückt ist. Als Beispiel kann folgende Bestimmung dienen:

	Libelle	Kreis
I.	$N = 2.0$	1. *Nonius* = 273° 1′ 0″
	$S = 22.0$	2. „ = 93 0 0
II.	$N = 20.0$	1. *Nonius* = 273 0 10
	$S = 4.3$	2. „ = 92 59 10
III.	$N = 1.7$	1. *Nonius* = 273 1 0
	$S = 23.0$	2. „ = 93 0 0
IV.	$N = 22.0$	1. *Nonius* = 273 0 0
	$S = 1.0$	2. „ = 92 59 10

I u. II gibt $\begin{cases} N'-N=18.0 \\ S-S'=17.7 \end{cases}$ $A'-A=50''$ also $W=\frac{50''}{17.85}=2''.80$

II u. III gibt $\begin{cases} N'-N=18.3 \\ S-S'=18.7 \end{cases}$ $A'-A=50''$ also $W=\frac{50''}{18.5}=2.70$

III u. IV gibt $\begin{cases} N'-N=21.3 \\ S-S'=22.0 \end{cases}$ $A'-A=55''$ also $W=\frac{55''}{21.65}=2.54$

Mittel $=2.68$

Hat man nun irgend eine Sonnenhöhe oder Zenithdistanz beobachtet, und dabei die Stellung der Blase abgelesen, so ist die Correction wegen der Libelle

$$C=\pm W.\frac{S-N}{2}$$

wo das obere oder untere Zeichen gilt, je nachdem die Theilung des Kreises vom Zenith gegen Süden ab- oder zunimmt.

89. Beispiel der Berechnung einer Beobachtung.

Am 6. August 1849 wurden in Prag folgende Circummeridienhöhen des untern Sonnenrandes beobachtet:

Uhrzeit.	Kreis West.			
	Ablesung am Kreise.		Ablesung an der Libelle.	
	1. Nonius.	2. Nonius.	Süd.	Nord.
$23^h\ 45'\ 13''$	$217^0\ 27'\ 30''$	$37^0\ 26'\ 40''$	6.2	19.6
23 47 54	217 22 20	37 21 30	14.0	10.6
23 50 36	217 18 30	37 17 40	14.1	10.0
	Kreis Ost.			
$0^h\ 32'\ 24''$	$149^0\ 29'\ 10''$	$329^0\ 28'\ 30''$	10.0	14.1
0 35 34	149 23 50	329 23 10	14.8	9.8
0 40 55	149 13 50	329 13 10	11.5	13.0

Die Uhr zeigte um $6'\ 27''.51$ zu viel, der Barometerstand war $= 27''5'''.20$, die Temperatur des Quecksilbers $= +16°.3$, jene der Luft $= +17°.0$ Réaum.

Bei der Ablesung kann man das Mittel der Minuten und Secunden beider Nonien nehmen und ihm die Grade des 1. Nonius vorsetzen. Die Correction wegen der Libelle ist

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

oder Trommeln, auf welchen eine Theilung mit einem Index (Zeiger) aufgetragen ist, so dass man genau ersehen kann, um wieviel sie gedreht, also die Schieber und die Fäden verstellt wurden, vorausgesetzt, dass man weiss, um wie viel sich der Faden bewegt, wenn die Schraube um einen Umgang gedreht wird, was man den Werth eines Schraubenganges nennt. Diesen findet man leicht, wenn man den Faden *PQ* so stellt, dass er genau mit einer Theilung des Kreises zusammenfällt, und auf der Trommel nachsieht, welche Theilung auf den Zeiger trifft. Hierauf dreht man die Schraube so lange, bis der Faden die nächste oder die zweite Theilung bedeckt, und liest die Trommel wieder ab, wobei man zugleich die Anzahl der Umgänge, welche die Trommel gemacht hat, zählen muss. Ist z. B. der Kreis von fünf zu fünf Minuten getheilt, und hat man, um den Faden von einer Theilung auf die nächst folgende zu bringen, die Trommel genau um fünf Gänge gedreht, so ist offenbar der Werth eines Schraubenganges eine Minute. Musste man aber $5\frac{1}{4}$ Umgänge machen, so ist dieser Werth

$$= \frac{5'}{5{,}25} = \frac{300''}{5.25} = 57''.1429$$

Ist nun die Trommel in 30 Theile getheilt, so beträgt ein Theil derselben

$$\frac{57''.1429}{30} = 1''.9048.$$

Man muss vor allem diesen Werth durch wiederholte Versuche so genau als möglich zu ermitteln suchen, und wird zu diesem Zwecke der Faden über mehre Theilungen, des Kreises so weit die Schraube reicht, führen. Meistens befindet sich in dem Gesichtsfelde der Mikroskope auch eine Scala, welche die Anzahl der Umdrehungen angibt, die der Faden durchlaufen hat, die man daher nicht erst zu zählen braucht. In ihrer Mitte ist ein kleines Loch oder ein anderes Zeichen, das dem Normalstande des Fadens entspricht. Der getheilte Kreis ist gleichfalls mit einem Zeiger versehen, an dem man die einzelnen Theilungen ablesen, und Bruchtheile abschätzen kann. An dem Ende der Mikroskope, das dem Kreise zugekehrt ist, befinden sich leicht drehbare Reflectoren, welche gegen einen hellen Gegenstand, z. B. den Himmelsraum gedreht werden müssen, um die Thei-

lung gehörig zu beleuchten. Oft sind statt einem Faden zwei parallele Fäden im Gesichtsfelde der Mikroskope gespannt, in welchem Falle man die Theilung des Kreises in die Mitte zwischen beide Fäden stellt.

Der Werth einer Umdrehung der Schraube ist gewöhnlich sehr nahe einer ganzen Anzahl von Minuten, und einer ihrer Unterabtheilungen einer ganzen Anzahl von Secunden gleich, daher man am besten thun wird, die kleinen Abweichungen davon in Corrections-Tafeln zu bringen, welche die Verbesserungen geben, die man anzubringen hat, wenn zur leichteren Berechnung ein Mikroskop-Theil der ganzen Secundenzahl genau gleichgesetzt wurde. So z. B. gab von zwei Mikroskopen *A* und *B* das eine für zwei Theilungen des Kreises oder für $10' = 600''$ zwei Umdrehungen und 1,51 Theilstriche, das andere 2 Umdrehungen und 1,54 Theilstriche. Da die Trommel in 60 Theile getheilt ist, so hat man

für A	121.51	Theilstr.	$= 600''$
„ B	121.54	„	$= 600''$
im Mittel . .	121.52	„	$= 600''$
woraus folgt.	1	„	$= 4.9374$

Man hat daher, wenn man 1 Theil $= 5.''00$ setzt, folgende Verbesserungen anzubringen:

für 1 Th.	$-0.''06$	für 9 Th.	$-0.''56$
„ 2 „	-0.13	„ 10 „	-0.63
„ 3 „	-0.19	„ 20 „	-1.25
„ 4 „	-0.25	„ 30 „	-1.88
„ 5 „	-0.31	„ 40 „	-2.50
„ 6 „	-0.38	„ 50 „	-3.13
„ 7 „	-0.44	„ 60 „	-3.76
„ 8 „	-0.50		

91. Verfahren bei den Beobachtungen.

Um mit einem solchen Instrumente eine Beobachtung auszuführen, bringe man, wenn die Sonne beobachtet werden soll, den Sonnenrand eben so zur Berührung mit dem im Brennpunkte des Fernrohres gespannten Faden, wie beim Höhenkreise, bemerke die Uhrzeit und lese die Blasenende der auf den Mikroskopträger aufgesetzten Libelle ab. Hierauf sehe man den Zeiger des Kreises an und bemerke die Theilung, auf

welche er zeigt, oder wenn er zwischen zweien steht, die kleinere von beiden. Dann sieht man durch das eine Mikroskop, und bringt den Faden, wenn er nicht schon auf einer Theilung steht, durch Drehen der Trommel auf die nächste Theilung des Kreises, wobei man jedoch so zu drehen hat, dass die Theilungen der Trommel wachsend durch den Zeiger gehen. Auf dieselbe Weise verfahre man mit dem zweiten Mikroskope, bei dem in Hinsicht auf Drehung dieselbe Regel gilt. Man schreibt hierauf die Theilstriche an, welche in beiden Trommeln unter dem Zeiger stehen, und hat hiemit die Beobachtung vollendet.

Um aus derselben die genaue Angabe des Instrumentes herzuleiten, nehme man zuerst das Mittel der Ablesungen beider Mikroskope, verwandle es in Minuten und Secunden, indem man es mit der ganzen Anzahl von Secunden multiplicirt, welche dem Werthe eines Mikroskoptheiles am nächsten kömmt, und die aus der Corrections-Tafel genommene Verbesserung hinzugibt. Die so verwandelte Ablesung addire man zu der des Zeigers des Kreises, und sehe diese Summe als die Ablesung am Kreise an, welche noch durch die Angabe der Libelle auf dieselbe Weise zu verbessern ist, wie diess in 89 gezeigt wurde.

92. Beispiel einer Beobachtung.

Mit dem Instrumente, für welches der Werth eines Mikroskoptheiles in 90 angegeben wurde = 4″.9374, hat man folgende Beobachtungen der Zenithdistanz eines festen Punktes ausgeführt:

Kreis Ost					Kreis West				
Zeiger d. Kreises	Mikroskope		Libelle		Zeiger d. Kreises	Mikroskope		Libelle	
	A	B	a	b		A	B	a	b
101° 5′	8.7	12.8	16.0	23.8	259° 40′	41.5	43.6	23.9	15.8
101 5	8.6	12.3	16.1	23.6	259 40	43.4	45.9	22.0	17.8

Die Verbesserung wegen der Libelle ist

$$1''.89 \left(\frac{a-b}{2}\right) = 0''.95\,(a-b)$$

Für die erste Beobachtung hat man

$$\tfrac{1}{4}(A+B)\times 5'' = (10.75)\,5'' = 53''.75$$

und für die Mikroskop-Theile 10.75 gibt die Verbesserungstafel in 90

$$\text{Verbesserung} = -0''.68$$

Verbesserung wegen d. Libelle $= 0''.95\,(a-b) = -7''.41$

$$\text{Ablesung des Kreises} = 101^\circ\,5'$$

Es ist demnach die corrigirte Ablesung für die

1. Beob. . . .	101° 5′ +	53″.75	−0″.68	−7″.41	= 101° 5′ 45″.66
2. Beob. . . .	101 5 +	52.25	−0.66	−7.12	= 101 5 44.47
3. Beob. . . .	259 40 +	3′32.75	−2.66	+7.69	= 259 43 37.78
4. Beob. . . .	259 40 +	3 43.25	−2.79	+3.99	= 259 43 44.45

Man findet daher im Mittel

für Kreis Ost . . . 101° 5′ 45″.07
„ Kreis West . . 259 43 41.12

woraus folgt

Zenithpunkt = 180° 24′ 43″.10
Zenithdistanz = 79 18 58.02

I. Tafel für die Mittagsverbesserung.

Argument: Halbe Zwischenzeit.

Arg.	Log. A	Log. B	Arg.	Log. A	Log. B	Arg.	Log. A	Log. B
0^h 1′	7,7247	7,7247	0^h 46′	7,7276	7,7188	1^h 31	7,7362	7,7010
2	7,7247	7,7247	47	7,7277	7,7186	32	7,7364	7,7005
3	7,7247	7,7247	48	7,7279	7,7183	33	7,7367	7,6999
4	7,7247	7,7247	49	7,7280	7,7180	34	7,7369	7,6693
5	7,7247	7,7246	50	7,7281	7,7177	35	7,7372	7,6988
6	7,7247	7,7246	51	7,7283	7,7174	36	7,7374	7,6982
7	7,7248	7,7246	52	7,7284	7,7172	37	7,7377	7,6976
8	7,7248	7,7245	53	7,7286	7,7169	38	7,7380	7,6970
9	7,7248	7,7245	54	7,7287	7,7166	39	7,7383	7,6964
10	7,7248	7,7244	55	7,7289	7,7162	40	7,7386	7,6958
11	7,7249	7,7244	56	7,7290	7,7159	41	7,7388	7,6952
12	7,7249	7,7243	57	7,7292	7,7156	42	7,7391	7,6946
13	7,7249	7,7242	58	7,7293	7,7153	43	7,7394	7,6940
14	7,7250	7,7242	59	7,7295	7,7150	44	7,7397	7,6934
15	7,7250	7,7241	1^h 0	7,7297	7,7146	45	7,7400	7,6927
16	7,7251	7,7240	1	7,7298	7,7143	46	7,7403	7,6921
17	7,7251	7,7239	2	7,7300	7,7139	47	7,7406	7,6914
18	7,7252	7,7238	3	7,7302	7,7136	48	7,7409	7,6908
19	7,7252	7,7237	4	7,7304	7,7132	49	7,7412	7,6901
20	7,7253	7,7236	5	7,7305	7,7128	50	7,7415	7,6894
21	7,7253	7,7235	6	7,7307	7,7125	51	7,7418	7,6888
22	7,7254	7,7234	7	7,7309	7,7121	52	7,7421	7,6881
23	7,7254	7,7232	8	7,7311	7,7117	53	7,7424	7,6874
24	7,7255	7,7231	9	7,7313	7,7113	54	7,7428	7,6867
25	7,7256	7,7230	10	7,7315	7,7109	55	7,7431	7,6859
26	7,7256	7,7228	11	7,7317	7,7105	56	7,7434	7,6852
27	7,7257	7,7227	12	7,7319	7,7101	57	7,7437	7,6845
28	7,7258	7,7225	13	7,7321	7,7097	58	7,7441	7,6838
29	7,7259	7,7224	14	7,7323	7,7092	59	7,7444	7,6830
30	7,7259	7,7222	15	7,7325	7,7088	2^h 0	7,7447	7,6823
31	7,7260	7,7220	16	7,7327	7,7083	1	7,7451	7,6815
32	7,7261	7,7219	17	7,7329	7,7079	2	7,7454	7,6807
33	7,7262	7,7217	18	7,7331	7,7075	3	7,7458	7,6800
34	7,7263	7,7215	19	7,7333	7,7070	4	7,7461	7,6792
35	7,7264	7,7213	20	7,7336	7,7065	5	7,7464	7,6784
36	7,7265	7,7211	21	7,7338	7,7061	6	7,7468	7,6776
37	7,7266	7,7209	22	7,7340	7,7056	7	7,7472	7,6768
38	7,7267	7,7207	23	7,7342	7,7051	8	7,7475	7,6759
39	7,7268	7,7205	24	7,7345	7,7046	9	7,7479	7,6751
40	7,7269	7,7203	25	7,7347	7,7041	10	7,7482	7,6743
41	7,7270	7,7200	26	7,7349	7,7036	11	7,7486	7,6734
42	7,7271	7,7298	27	7,7352	7,7031	12	7,7490	7,6726
43	7,7272	7,7296	28	7,7354	7,7026	13	7,7494	7,6717
44	7,7274	7,7293	29	7,7357	7,7021	14	7,7497	7,6708
0 45	7,7275	7,7291	1 30	7,7359	7,7015	2 15	7,7501	7,6700

Arg.	Log. A	Log. B	Arg.	Log. A	Log. B	Arg.	Log. A	Log. B
2h 16′	7,7505	7,6691	3h 1′	7,7708	7,6184	3h 46′	7,7975	7,5394
17	7,7509	7,6682	2	7,7713	7,6170	47	7,7982	7,5372
18	7,7513	7,6673	3	7,7719	7,6156	48	7,7989	7,5350
19	7,7517	7,6663	4	7,7724	7,6142	49	7,7995	7,5327
20	7,7021	7,6654	5	7,7729	7,6127	50	7,8002	7,5304
21	7,7525	7,6645	6	7,7735	7,6113	51	7,8009	7,5281
22	7,7529	7,6635	7	7,7740	7,6098	52	7,8016	7,5258
23	7,7533	7,6626	8	7,7745	7,6083	53	7,8023	7,5234
24	7,7537	7,6616	9	7,7751	7,6068	54	7,8030	7,5211
25	7,7541	7,6606	10	7,7756	7,6053	55	7,8037	7,5186
26	7,7545	7,6597	11	7,7762	7,6038	56	7,8044	7,5162
27	7,7549	7,6587	12	7,7767	7,6023	57	7,8051	7,5137
28	7,7553	7,6577	13	7,7773	7,6007	58	7,8058	7,5112
29	7,7557	7,6567	14	7,7779	7,5991	59	7,3065	7,5087
30	7,7562	7,6556	15	7,7784	7,5975	4 0	7,8072	7,5062
31	7,7566	7,6546	16	7,7790	7,5959	1	7,8079	7,5036
32	7,7570	7,6536	17	7,7796	7,5943	2	7,8086	7,5010
33	7,7575	7,6525	18	7,7801	7,5927	3	7,9094	7,4983
34	7,7579	7,6514	19	7,7807	7,5910	4	7,8101	7,4957
35	7,7583	7,6504	20	7,7813	7,5894	5	7,8108	7,4930
36	7,7588	7,6593	21	7,7819	7,5877	6	7,8116	7,4902
37	7,7592	7,6482	22	7,7825	7,5860	7	7,8123	7,4874
38	7,7597	7,6471	23	7,7831	7,5843	8	7,8130	7,4846
39	7,7601	7,6460	24	7,7836	7,5825	9	7,8138	7,4818
40	7,7606	7,6448	25	7,7842	7,5808	10	7,8145	7,4789
41	7,7610	7,6437	26	7,7848	7,5790	11	7,8153	7,4760
42	7,7615	7,6425	27	7,7854	7,5772	12	7,8160	7,4731
43	7,7620	7,6414	28	7,7860	7,5754	13	7,8168	7,4701
44	7,7624	7,6402	29	7,7867	7,5736	14	7,8176	7,4671
45	7,7629	7,6390	30	7,7873	7,5717	15	7,8183	7,4640
46	7,7634	7,6378	31	7,7879	7,5699	16	7,8191	7,4609
47	7,7638	7,6366	32	7,7885	7,5680	17	7,8199	7,4578
48	7,7643	7,6354	33	7,7891	7,5661	18	7,8206	7,4546
49	7,7648	7,6342	34	7,7898	7,5641	19	7,8214	7,4514
50	7,7653	7,6329	35	7,7904	7,5622	20	7,8222	7,4482
51	7,7658	7,6317	36	7,7910	7,5602	21	7,8230	7,4449
52	7,7663	7,6304	37	7,7916	7,5582	22	7,8238	7,4415
53	7,7668	7,6291	38	7,7923	7,5562	23	7,8246	7,4381
54	7,7673	7,6278	39	7,7929	7,5542	24	7,8254	7,4347
55	7,7678	7,6265	40	7,7936	7,5522	25	7,8262	7,4312
56	7,7683	7,6252	41	7,7942	7,5501	26	7,8270	7,4277
57	7,7688	7,6239	42	7,7949	7,5480	27	7,8278	7,4241
58	7,7693	7,6225	43	7,7955	7,5459	28	7,8286	7,4205
59	7,7698	7,6212	44	7,7962	7,5437	29	7,8294	7,4168
3 0	7,7703	7,6198	45	7,7969	7,5416	4 30	7,8302	7,4131

nachtsverbesserung.

Halbe Zwischenzeit.

½ T	Log. f	Diff.	½ T	Log. f	Diff.	½ T	Log. f	Diff.
7h 31′	0,2245	26	8h 1′	0,3038	27	8h 31′	0,3883	29
32	2271	25	2	3065	27	32	3912	30
33	2296	26	3	3092	27	33	3942	29
34	2322	26	4	3119	28	34	3971	30
35	2348	26	5	3147	27	35	4001	29
36	0,2374	26	6	0,3174	28	36	0,4030	30
37	2400	26	7	3202	28	37	4060	30
38	2426	26	8	3230	27	38	4090	30
39	2452	26	9	3257	28	39	4120	30
40	2478	26	10	3285	28	40	4150	30
41	0,2504	26	11	0,3313	28	41	0,4180	30
42	2530	27	12	3341	27	42	4210	31
43	2557	26	13	3368	28	43	4241	30
44	2583	26	14	3396	28	44	4271	30
45	2609	27	15	3424	29	45	4301	31
46	0,2636	26	16	0,3453	28	46	0,4332	31
47	2662	27	17	3481	28	47	4363	31
48	2689	26	18	3509	28	48	4394	31
49	2715	27	19	3537	29	49	4425	30
50	2742	27	20	3566	28	50	4455	32
51	0,2769	26	21	0,3594	29	51	0,4487	31
52	2795	27	22	3623	28	52	4518	31
53	2822	26	23	3651	29	53	4549	32
54	2848	27	24	3680	29	54	4581	31
55	2875	27	25	3709	29	55	4612	32
56	0,2902	27	26	0,3738	29	56	0,4644	32
57	2929	27	27	3767	29	57	4676	31
58	2956	27	28	3796	29	58	4707	32
59	2983	27	29	3825	29	59	4739	32
60	3010	28	30	3854	29	60	4771	32

II. Tafel für die Mitter-

Argument:

½ T	Log. f	Diff.	½ T	Log. f	Diff.	½ T	Log. f	Diff.
6h 1′	0,0024	24	6h 31′	0,0750	25	7h 1′	0,1486	25
2	0048	24	32	0775	24	2	1511	25
3	0072	25	33	0799	24	3	1536	25
4	0097	24	34	0823	24	4	1561	25
5	0121	24	35	0847	25	5	1586	25
6	0,0145	24	36	0,0872	24	6	0,1611	25
7	0169	24	37	0896	24	7	1636	25
8	0193	24	38	0920	25	8	1661	25
9	0217	24	39	0945	24	9	1686	25
10	0241	24	40	0969	25	10	1711	25
11	0,0265	25	41	0,0994	24	11	0,1736	25
12	0290	24	42	1018	25	12	1761	26
13	0314	24	43	1043	24	13	1787	25
14	0338	24	44	1067	25	14	1812	25
15	0362	24	45	1092	24	15	1837	25
16	0,0386	24	46	0,1116	25	16	0,1862	25
17	0410	25	47	1141	24	17	1887	26
18	0435	24	48	1165	25	18	1913	25
19	0459	24	49	1190	24	19	1938	25
20	0583	24	50	1214	25	20	1963	25
21	0,0507	24	51	0,1239	25	21	0,1988	26
22	0531	25	52	1264	24	22	2014	25
23	0556	24	53	1288	25	23	2039	26
24	0580	24	54	1313	25	24	2065	25
25	0604	24	55	1338	25	25	2090	26
26	0,0628	25	56	0,1363	25	26	0,2116	26
27	0653	24	57	1388	24	27	2142	25
28	0677	24	58	1412	24	28	2167	26
29	0702	24	59	1436	25	29	2193	26
30	0726	24	60	1461	25	30	2219	26

nachtsverbesserung.

Halbe Zwischenzeit.

½ T	Log. f	Diff.	½ T	Log. f	Diff.	½ T	Log. f	Diff.
10ᵐ31′	0,8506	56	46	0,9410	66	1	1,0494	80
32	8562	57	47	9476	67	2	0574	82
33	8619	57	48	9543	67	3	0656	84
34	8676	58	49	9610	68	4	0740	85
35	8734	58	50	9678	69	5	0825	86
36	0,8792	59	51	0,9747	70	6	1,0911	88
37	8851	59	52	9817	71	7	0999	89
38	8910	60	53	9888	72	8	1088	91
39	8970	61	54	0,9960	73	9	1179	92
40	9031	61	55	1,0033	74	10	1271	94
41	0,9092	62	56	1,0107	75	11	1,1365	96
42	9155	63	57	0182	76	12	1461	98
43	9217	64	58	0258	78	13	1559	100
44	9281	64	59	0336	78	14	1659	102
45	9345	65	60	0414	80	15	1761	—

Tafel III. Mittlere Refraction für Barometer[illegible], (Argumen[illegible] :

z	log. r	Diff. für 1 Min. 0,000	z	log. r	Diff. für 1 Min. 0,000	z	log. r	Diff. [illegible] für 1 Min. 0,0[illegible]0
0° 0	. . .		15 0	1.2064	50	30 0	1.5387	29
20	9.5432		20	1.2165	49	20	1.5455	29
40	9.8443		40	1.2262	48	40	1.5513	29
1 0	0.0204		16 0	1.2359	47	31 0	1.5570	29
20	0.1453		20	1.2453	46	20	1.5628	28
40	0.2422		40	1.2546	45	40	1.5684	28
2 0	0.3213		17 0	1.2637	44	32 0	1.5741	28
20	0.3882		20	1.2727	44	20	1.5797	27
40	0.4465		40	1.2815	43	40	1.5852	27
3 0	0.4976		18 0	1.2902	42	33 0	1.5907	27
20	0.5432		20	1.2987	42	20	1.5962	27
40	0.5845		40	1.3071	41	40	1.6018	27
4 0	0.6231		19 0	1.3153	40	34 0	1.6072	27
20	0.6578		20	1.3234	40	20	1.6126	27
40	0.6902		40	1.3315	39	40	1.6180	27
5 0	0.7205		20 0	1.3394	39	35 0	1.6234	27
20	0.7487		20	1.3472	38	20	1.6288	26
40	0.7750		40	1.3549	38	40	1.6341	26
6 0	0.8001		21 0	1.3625	37	36 0	1.6394	26
20	0.8238		20	1.3700	37	20	1.6447	26
40	0.8460		40	1.3774	36	40	1.6500	26
7 0	0.8676		22 0	1.3852	35	37 0	1.6053	26
20	0.8880		20	1.3920	35	20	1.6605	26
40	0.9074		40	1.3991	35	40	1.6657	26
8 0	0.9262	89	23 0	1.4062	34	38 0	1.6710	26
20	0.9442	86	20	1.4132	34	20	1.6761	26
40	0.9615	83	40	1.4201	34	40	1.6813	26
9 0	0.9781	80	24 0	1.4269	34	39 0	1.6865	26
20	0.9942	77	20	1.4337	34	20	1.6917	26
40	1.0097	75	40	1.4404	32	40	1.6968	26
10 0	1.0247	72	25 0	1.4470	32	40 0	1.7020	25
20	1.0393	70	20	1.4536	32	20	1.7071	25
40	1.0534	68	40	1.4601	32	40	1.7122	25
11 0	1.0671	66	26 0	1.4665	32	41 0	1.7173	25
20	1.0804	64	20	1.4729	31	20	1.7224	25
40	1.0933	63	40	1.4792	31	40	1.7274	25
12 0	1.1059	61	27 0	1.4855	31	42° 0	1.7325	25
20	1.1182	59	20	1.4917	31	20	1.7376	25
40	1.1301	58	40	1.4979	30	40	1.7427	25
13 0	1.1418	56	28 0	1.5040	30	43 0	1.7477	25
20	1.1532	55	20	1.5101	30	20	1.7527	25
40	1.1643	54	40	1.5161	30	40	1.7578	25
14 0	1.1752	53	29 0	1.5220	30	44 0	1.7628	25
20	1.1858	52	20	1.5280	29	20	1.7679	25
40	1.1963	51	40	1.5339	29	40	1.7729	25

28.0 Par. Zolle, und 0° Thermomet. Réaum.
Zenithdistanz.)

z	log. r	Diff. für 1 Min. 0.000	n	z	log. r	Diff. für 1 Min. 0.000	n
45 0	1.7780	25	1.001	53 0	1.9005	26	1.007
20	1.7830	25	1.001	10	1.9032	27	1.007
40	1.7881	25	1.001	20	1.9058	27	1.007
46 0	1.7931	25	1.001	30	1.9084	27	1.007
10	1.7956	25	1.001	40	1.9111	26	1.007
20	1.7982	25	1.001	50	1.9137	26	1.007
30	1.8007	26	1.001	54 0	1.9163	27	1.008
40	1.8032	25	1.001	10	1.9190	26	1.008
50	1.8057	26	1.001	20	1.9216	27	1.008
47 0	1.8083	25	1.002	30	1.9243	27	1.008
10	1.8108	25	1.002	40	1.9270	26	1.008
20	1.8133	25	1.002	50	1.9296	27	1.008
30	1.8158	26	1.002	55 0	1.9323	27	1.008
40	1.8184	26	1.002	10	1.9350	27	1.008
50	1.8209	25	1.002	20	1.9377	27	1.008
48 0	1.8235	25	1.002	30	1.9404	27	1.008
10	1.8260	25	1.002	40	1.9431	27	1.008
20	1.8285	26	1.002	50	1.9458	27	1.008
30	1.8311	25	1.002	56 0	1.9485	27	1.008
40	1.8336	25	1.003	10	1.9512	27	1.008
50	1.8361	26	1.003	20	1.9539	28	1.008
49 0	1.8387	25	1.003	30	1.9567	27	1.008
10	1.8412	26	1.003	40	1.9594	27	1.008
20	1.8438	25	1.003	50	1.9621	28	1.008
30	1.8463	26	1.003	57 0	1.9649	27	1.009
40	1.8489	25	1.003	10	1.9676	28	1.009
50	1.8514	26	1.003	20	1.9704	28	1.009
50 0	1.8540	26	1.004	30	1.9732	28	1.009
10	1.8566	25	1.004	40	1.9760	27	1.009
20	1.8691	26	1.004	50	1.9787	28	1.009
30	1.8617	26	1.004	58 0	1.9815	28	1.009
40	1.8643	25	1.004	10	1.9843	29	1.009
50	1.8668	26	1.004	20	1.9871	29	1.009
51 0	1.8694	26	1.005	30	1.9900	28	1.009
10	1.8720	26	1.005	40	1.9928	28	1.009
20	1.8746	25	1.005	50	1.9956	28	1.009
30	1.8771	26	1.005	59 0	1.9985	28	1.009
40	1.8797	26	1.005	10	2.0013	29	1.009
50	1.8823	26	1.005	20	2.0042	28	1.009
52° 0	1.8849	26	1.006	30	2.0070	29	1.009
10	1.8875	26	1.006	40	2.0090	29	1.009
20	1.8901	26	1.006	50	2.0128	29	1.009
30	1.8927	26	1.006	60° 0	2.0157	29	1.009
40	1.8953	26	1.006	10	2.0186	29	1.009
50	1.8979	26	1.006	20	2.0215	29	1.009

...mere Refraction für Barometer,

(Argument:

	z	log. r	Diff. für 1 Min. 0.000	n
.009	68° 0	2.1694	36	1.011
.009	10	2.1730	36	1.011
.009	20	2.1766	37	1.011
	30	2.1803	36	1.011
1.009	40	2.1839	37	1.011
1.009	50	2.1876	37	1.011
1.009				
1.009	69 0	2.1913	38	1.011
1.009	10	2.1951	37	1.011
1.009	20	2.1988	38	1.011
	30	2.2026	38	1.011
1.009	40	2.2064	39	1.011
1.009	50	2.2103	38	1.011
1.009				
1.009	70 0	2.2141	39	1.011
1.009	10	2.2180	39	1.011
1.009	20	2.2219	40	1.011
	30	2.2259	39	1.011
1.009	40	2.2298	40	1.011
1.009	50	2.2338	41	1.011
1.009				
1.009	71 0	2.2379	40	1.011
1.009	10	2.2416	41	1.011
1.009	20	2.2460	41	1.011
	30	2.2501	42	1.011
1.009	40	2.2543	41	1.011
1.009	50	2.2584	42	1.011
1.009				
1.009	72 0	2.2626	42	1.011
1.009	10	2.2668	43	1.011
1.609	20	2.2711	43	1.011
	30	2.2754	44	1.011
1.010	40	2 2798	43	1.011
1.010	50	2.2841	44	1.011
1.010				
1.010	73 0	2.2885	44	1.011
1.010	10	2.2929	45	1.011
1.010	20	2.2974	46	1.011
	30	2.3020	45	1.011
1.010	40	2.3065	46	1.011
1.010	50	2.3111	47	1.011
1.010				
1.010	74 0	2.3158	46	1.011
1.010	10	2.3204	47	1.011
1.010	20	2.3251	48	1.011
	30	2.3299	48	1.011
1.010	40	2.3347	49	1.011
1.010	50	2.3396	49	1.011
1.010				
1.010	75 0	2.3445	49	0.011
1.010	10	2.3494	50	1.011
1.010	20	2.3544	50	1.011

28.0 Par. Zolle, und 0° Thermomet. Réaum.

Zenithdistanz.)

z	log. r	Diff. für 1 Min. 0.000	n	z	log. r	Diff. für 1 Min. 0.000	n
30	2.3594	51	1.018	83° 0	2.6631	0.00093	1.057
40	2.3645	52	1.018	10	2.6724	096	1.059
50	2.3697	52	1.018	20	2.6820	097	1.062
76° 0	2.3749	52	1.019	30	2.6917	099	1.064
10	2.3801	53	1.019	40	2.7011	101	1.067
20	2.3854	53	1.019	50	2.7117	103	1.069
30	2.3907	55	1.029	84 0	2.7221	105	1.072
40	2.3962	54	1.020	10	2.7326	107	1.076
50	2.4016	56	1.021	20	2.7433	110	1.090
77 0	2.4072	56	1.021	30	2.7543	112	1.084
10	2.4128	56	1.021	40	2.7655	114	1.088
20	2.4184	57	1.022	50	2.7769	117	1.092
30	2.4241	58	1.022	85 0	2.7888	120	1.095
40	2.4299	59	1.023	10	2.8009	124	1.101
50	2.4358	59	1.023	20	2.8132	126	1.106
78 0	2.4417	60	1.024	30	2.8259	130	1.112
10	2.4477	60	1.024	40	2.8388	133	1.118
20	2.4537	62	1.025	50	2.5821	136	1.124
30	2.4599	62	1.026	86 0	2.8658	140	1.130
40	2.4661	63	1.026	10	2.8798	144	1.138
50	2.4724	64	1.027	20	2.8942	148	1.144
79 0	2.4788	64	1.027	30	2.9089	153	1.158
10	2.4852	65	1.027	40	2.9241	157	1.161
20	2.4917	67	1.028	50	2.9398	161	1.171
30	2.4984	67	1.028	87 0	2.9559	166	1.181
40	2.5051	68	1.029	10	2.9725	171	1.192
50	2.5119	69	1.030	20	2.9896	177	1.203
80 0	2.5188	70	1.031	30	3.0073	182	1.215
10	2.5258	70	1.032	40	3.0255	188	1.228
20	2.5328	73	1.033	50	3.0444	195	1.243
30	2.5401	73	1.034	88 0	3.0639	202	1.259
40	2.5474	75	1.035	10	3.0840	209	1.276
50	2.3549	75	1.036	20	3.1049	217	1.292
81 0	2.5624	77	1.037	30	3.1266	225	1.309
10	2.5701	78	1.038	40	3.1491	234	1.328
20	2.5779	79	1.039	50	3.1725	243	1.348
30	2.5858	80	1.011	89 0	3.1968	253	1.368
40	2.4938	81	1.042	10	3.2222	264	1.389
50	2.6019	83	1.043	20	3.2486	276	1.410
82 0	2.6102	84	1.045	30	3.2762	288	1.432
10	2.6186	86	1.047	40	3.3051	302	1.454
20	2.6272	87	1.049	50	3.3553	317	1.477
30	2.6359	90	1.051	90 0	3.3670	. . .	1.500
40	2.6449	90	1.053				
50	2.6539	92	1.055				

Tafel IV.

(Argument: Luftdruck im Pariser Mass.)

	25″	26″	27″	28″
0‴	— 0.0492	— 0.0322	— 0.0156	0.0000
1	— 0.0477	— 0.0308	— 0.0143	+ 0.0013
2	— 0.0462	— 0.0294	— 0.0130	+ 0.0026
3	— 0.0448	— 0.0280	— 0.0117	+ 0.0039
4	— 0.0434	— 0.0266	— 0.0104	+ 0.0052
5	— 0.0420	— 0.0252	— 0.0091	+ 0.0065
6	— 0.0406	— 0.0238	— 0.0078	+ 0.0078
7	— 0.0392	— 0.0224	— 0.0065	+ 0.0091
8	— 0.0378	— 0.0210	— 0.0052	+ 0.0104
9	— 0.0364	— 0.0196	— 0.0039	+ 0.0116
10	— 0.0350	— 0.0182	— 0.0026	+ 0.0128
11	— 0.0336	— 0.0169	— 0.0013	+ 0.0140
12	— 0.0322	— 0.0156	0.0000	+ 0.0152

Tafel V.

(Argument: Temperatur des Quecksilbers.)

Réaum. Temp.	Corr.	Temp.	Corr.
— 25°	+ 0.0024	0°	0.0000
— 20	+ 0.0020	+ 5	— 0.0005
— 15	+ 0.0015	+ 10	— 0.0010
— 10	+ 0.0010	+ 15	— 0.0015
— 5	+ 0.0005	+ 20	— 0.0020
0	0.0000	+ 25	— 0.0024
		+ 30	— 0.0029

Tafel VI.

(Argument: Temperatur der äusseren Luft.)

au-ur-mp.	Correct.	Temp.	Correct.	Temp.	Correct.	Temp.	Correct.
29°	+ 0.0615	— 15°	+ 0.0307	0°	0.0000	+ 15°	— 0.0287
28	+ 0.0593	— 14	+ 0.0286	+ 1	— 0.0020	+ 16	— 0.0305
27	+ 0.0570	— 13	+ 0.0265	+ 2	— 0.0039	+ 17	— 0.0324
26	+ 0.0547	— 12	+ 0.0244	+ 3	— 0.0059	+ 18	— 0.0342
25	+ 0.0525	— 11	+ 0.0223	+ 4	— 0.0078	+ 19	— 0.0360
24	+ 0.0503	— 10	+ 0.0202	+ 5	— 0.0098	+ 20	— 0.0379
23	+ 0.0481	— 9	+ 0.0182	+ 6	— 0.0117	+ 21	— 0.0397
22	+ 0.0459	— 8	+ 0.0161	+ 7	— 0.0136	+ 22	— 0.0415
21	+ 0.0437	— 7	+ 0 0141	+ 8	— 0.0155	+ 23	— 0.0433
20	+ 0.0415	— 6	+ 0.0120	+ 9	— 0.0174	+ 24	— 0.0451
19	+ 0.0393	— 5	+ 0.0100	+ 10	— 0.0193	+ 25	— 0.0468
18	+ 0.0372	— 4	+ 0.0080	+ 11	— 0.0212	+ 26	— 0.0486
17	+ 0.0350	— 3	+ 0.0060	+ 12	— 0.0231	+ 27	— 0.0504
16	+ 0.0329	— 2	+ 0.0040	+ 13	— 0.0250	+ 28	— 0.0521
15	+ 0.0307	— 1	+ 0.0020	+ 14	— 0.0268	+ 29	— 0.0539
		0	0.0000	+ 15	— 0.0287		

Tafel VII. Höhenparallaxe der Sonne.

(Argument: Zenithdistanz.)

Zenith-Distanz	Parall.	Zenith-Distanz	Parall.
25°	3″.6	60°	7″.5
30	4.3	65	7.8
35	4.9	70	8.1
40	5.5	75	8.3
45	6.1	80	8.5
50	6.6	85	8.6
55	7.0	90	8.6
60	7.5		

Log. m.					
$''$	$0'$	$1'$	$2'$	$3'$	$4'$
0	$-\infty$	0,29303	0,89509	1,24727	1,49714
1	6,73673	30739	90230	25208	50076
2	7,33879	32151	90945	25687	50435
3	7,69097	33541	91654	26163	50793
4	7,94085	34909	92357	26636	51150
5	8,13467	36256	93055	27107	51505
6	8,29303	37582	93747	27575	51859
7	8,42693	38888	94434	28041	52211
8	8,54291	40175	95115	28504	52562
9	8,64512	41444	95791	28965	52912
10	8,73673	42693	96462	29423	53260
11	8,81952	43924	97127	29879	53608
12	8,89509	45140	97788	30333	53952
13	8,96462	46338	98443	30784	54296
14	9,02899	47519	99094	31233	54639
15	9,08891	48685	99740	31679	54980
16	9,14497	49836	1,00381	32124	55320
17	9,19763	50971	01017	32566	55659
18	9,24628	52092	01649	33006	55996
19	9,29424	53198	02276	33443	56332
20	9,33879	54291	02898	33878	56667
21	9,38117	55370	03517	34312	57000
22	9,42158	56436	04131	34743	57332
23	9,46019	57489	04740	35172	57663
24	9,49715	58529	05345	35598	57993
25	9,53261	59557	05946	36022	58322
26	9,56668	60573	06543	36446	58648
27	9,59946	61577	07136	36866	58974
28	9,63105	62570	07725	37285	59299
29	9,66153	63551	08310	37702	59622
30	9,69097	64522	08891	38116	59945

von m und n.

Log. m.					
$''$	$0'$	$1'$	$2'$	$3'$	$4'$
30	9,69097	0,64522	1,08891	1,38116	1,59945
31	9,71946	65481	09468	38529	60266
32	9,74703	66431	10042	38940	60586
33	9,77376	67370	10611	39348	60904
34	9,79969	68299	11177	39755	61222
35	9,82487	69218	11739	40160	61538
36	9,84934	70127	12298	40563	61854
37	9,87314	71026	12853	40964	62168
38	9,89630	71918	13404	41364	62481
39	9,91886	72800	13952	41761	62793
40	9,94085	73673	14497	42157	63103
41	9,96230	74537	15038	42551	63413
42	9,98323	75394	15576	42943	63722
43	0,00367	76240	16110	43333	64029
44	0,02364	77080	16641	43722	64335
45	0,04316	77911	17169	44109	64641
46	0,06225	78734	17694	44494	64945
47	0,08093	79550	18216	44877	65248
48	0,09921	80358	18735	45259	65550
49	0,11712	81158	19250	45639	65851
50	0,13467	81952	19762	46018	66151
51	0,15187	82738	20272	46395	66450
52	0,16874	83517	20778	46770	66748
53	0,18528	84290	21282	47143	67045
54	0,20152	85054	21782	47515	67341
55	0,21746	85813	22280	47886	67636
56	0,23311	86513	22775	48255	67930
57	0,24848	87310	23267	48622	68223
58	0,26359	88049	23757	48988	68515
59	0,27844	88782	24243	49352	68806
60	0,29303	89509	24727	49714	69096

Log. *m.*					
″	5′	6′	7′	8′	9′
0	1,69096	1,84931	1,98320	2,09917	2,20146
1	69385	85172	98526	10098	20307
2	69673	85412	98732	10278	20467
3	69960	85651	98937	10458	20627
4	70246	85891	99142	10637	20787
5	70531	86129	99347	10817	20946
6	70816	86366	99551	10995	21106
7	71099	86603	99755	11174	21264
8	71382	86840	99958	11352	21423
9	71663	87075	2,00161	11530	21581
10	71944	87310	00363	11707	21740
11	72223	87545	00565	11884	21897
12	72502	87779	00766	12061	22055
13	72780	88012	00967	12237	22192
14	73057	88244	01167	12413	22369
15	73333	88476	01367	12590	22522
16	73609	88708	01566	12764	22682
17	73883	88938	01765	12939	22838
18	74157	89168	01964	13114	22994
19	74429	89398	02162	13288	23150
20	74701	89627	02360	13462	23304
21	74972	89855	02557	13635	23460
22	75242	90083	02753	13809	23614
23	75511	90310	02950	13982	23768
24	75780	90536	03146	14154	23922
25	76048	90762	03341	14326	24076
26	76314	90986	03536	14498	24230
27	76580	91212	03730	14670	24383
28	76846	91436	03925	14841	24536
29	77110	91660	04119	15011	24689
30	77373	91883	04311	15182	24842

von *m* und *n*.

Log. *m*.					
″	5′	6′	7′	8′	9′
30	1,77373	1,91883	2,04311	2,15182	2,24842
31	77636	92105	04504	15352	24994
32	77898	92327	04697	15522	25146
33	78160	92548	04888	15691	25297
34	78420	92769	05080	15860	25449
35	78680	92990	05271	16030	25600
36	78928	93209	05462	16198	25751
37	79197	93428	05652	16366	25902
38	79454	93646	05842	16534	26052
39	79707	93864	06031	16701	26202
40	79967	94082	06220	16868	26352
41	80221	94299	06409	17035	26501
42	80476	94515	06597	17202	26651
43	80730	94731	06785	17368	26800
44	80982	95161	06972	17534	26949
45	81234	95375	07160	17700	27097
46	81486	94946	07346	17865	27246
47	81736	95589	07532	18030	27394
48	81986	95802	07718	18194	27542
49	82236	96016	07903	18359	27690
50	82484	96226	08089	18523	27836
51	82732	96438	08273	18687	27984
52	82979	96649	08457	18850	28130
53	83225	96860	08648	19013	28277
54	83471	97070	08824	19176	28423
55	83716	97279	09007	19338	28570
56	83960	97488	09190	19500	28715
57	84204	97697	09372	19662	28861
58	84447	97905	09434	19824	29006
59	84690	98112	09735	19985	29151
60	84931	98320	09917	20146	29296

Log. m.					
$''$	$0'$	$1'$	$2'$	$3'$	$4'$
0	$-\infty$	0,29303	0,89509	1,24727	1,49714
1	6,73673	30739	90230	25208	50076
2	7,33879	32151	90945	25687	50435
3	7,69097	33541	91654	26163	50793
4	7,94085	34909	92357	26636	51150
5	8,13467	36256	93055	27107	51505
6	8,29303	37582	93747	27575	51859
7	8,42693	38888	94434	28041	52211
8	8,54291	40175	95115	28504	52562
9	8,64512	41444	95791	28965	52912
10	8,73673	42693	96462	29423	53260
11	8,81952	43924	97127	29879	53608
12	8,89509	45140	97788	30333	53952
13	8,96462	46338	98443	30784	54296
14	9,02899	47519	99094	31233	54639
15	9,08891	48685	99740	31679	54980
16	9,14497	49836	1,00381	32124	55320
17	9,19763	50971	01017	32566	55659
18	9,24628	52092	01649	33006	55996
19	9,29424	53198	02276	33443	56332
20	9,33879	54291	02898	33878	56667
21	9,38117	55370	03517	34312	57000
22	9,42158	56436	04131	34743	57332
23	9,46019	57489	04740	35172	57663
24	9,49715	58529	05345	35598	57993
25	9,53261	59557	05946	36022	58322
26	9,56668	60573	06543	36446	58648
27	9,59946	61577	07136	36866	58974
28	9,63105	62570	07725	37285	59299
29	9,66153	63551	08310	37702	59622
30	9,69097	64522	08891	38116	59945

von *m* und *n*.

Log. *m*.					
″	0′	1′	2′	3′	4′
30	9,69097	0,64522	1,08891	1,38116	1,59945
31	9,71946	65481	09468	38529	60266
32	9,74703	66431	10042	38940	60586
33	9,77376	67370	10611	39348	60904
34	9,79969	68299	11177	39755	61222
35	9,82487	69218	11739	40160	61538
36	9,84934	70127	12298	40563	61854
37	9,87314	71026	12853	40964	62168
38	9,89630	71918	13404	41364	62481
39	9,91886	72800	13952	41761	62793
40	9,94085	73673	14497	42157	63103
41	9,96230	74537	15038	42551	63413
42	9,98323	75394	15576	42943	63722
43	0,00367	76240	16110	43333	64029
44	0,02364	77080	16641	43722	64335
45	0,04316	77911	17169	44109	64641
46	0,06225	78734	17694	44494	64945
47	0,08093	79550	18216	44877	65248
48	0,09921	80358	18735	45259	65550
49	0,11712	81158	19250	45639	65851
50	0,13467	81952	19762	46018	66151
51	0,15187	82738	20272	46395	66450
52	0,16874	83517	20778	46770	66748
53	0,18528	84290	21282	47143	67045
54	0,20152	85054	21782	47515	67341
55	0,21746	85813	22280	47886	67636
56	0,23311	86513	22775	48255	67930
57	0,24848	87310	23267	48622	68223
58	0,26359	88049	23757	48988	68515
59	0,27844	88782	24243	49352	68806
60	0,29303	89509	24727	49714	69096

Log. *m*.					
n	15′	16′	17′	18′	19′
0	2,64506	2,70110	2,75373	2,80336	2,85029
1	64603	70200	75458	80416	85105
2	64699	70291	75543	80496	85181
3	64795	70381	75628	80576	85257
4	64891	70471	75713	80656	85333
5	64987	70561	75798	80736	85409
6	65083	70651	75883	80816	85485
7	65179	70741	75967	80896	85561
8	65275	70830	76052	80976	85636
9	65370	70920	76136	81056	85712
10	65466	71010	76220	81135	85787
11	65561	71099	76305	81215	85863
12	65656	71188	76389	81295	85938
13	65751	71278	76476	81375	86014
14	65846	61367	76557	81454	86089
15	65941	71456	76641	81533	86164
16	66036	61545	76725	81612	86239
17	66131	71634	76808	81691	86314
18	66226	71723	76892	81770	86389
19	66320	71811	76976	81849	86464
20	66415	71900	77059	81928	86539
21	66509	71989	77143	82007	86614
22	66603	72077	77226	82086	86689
23	66697	72165	77309	82165	86763
24	66791	72254	77392	82244	86838
25	66885	72342	77476	82322	86912
26	66979	72430	77559	82401	86987
27	67073	72518	77642	82479	87061
28	67166	72606	77724	82558	87136
29	67260	72694	77807	82636	87210
30	67353	72781	77890	82714	87284
Log. *n*.					
0	9,67466	9,78674	9,89200	9,99126	0,08512
10	9,69386	9,80474	9,90894	0,00724	0,10028
20	9,71284	9,82254	9,92572	0,02310	0,11532
30	9,73160	9,84016	9,94234	0,03882	0,13022

von m und n.

Log. m.					
$''$	$10'$	$11'$	$12'$	$13'$	$14'$
30	2,33534	2,41434	2,48675	2,55358	2,61563
31	33671	41560	48790	55465	61672
32	33809	41685	48906	55572	61772
33	33946	41811	49021	55679	61871
34	34083	41936	49137	55785	61971
35	34220	42061	49253	55892	62070
36	34357	42186	49367	55999	62159
37	34493	42310	49481	56105	62258
38	34630	42435	49596	56211	62357
39	34766	42559	49711	56317	62456
40	34901	42683	49825	56423	62555
41	35037	42807	49939	56529	62654
42	35172	42931	50053	56635	62752
43	35308	43055	50167	56740	62850
44	35442	43178	50281	56846	62949
45	35577	43302	50394	56951	63047
46	35712	43425	50508	57056	63145
47	35846	43548	50621	57161	63243
48	35980	43670	50734	57266	63341
49	36114	43793	50847	57381	63438
50	36248	43915	50960	57476	63536
51	36381	44037	51073	57580	63634
52	36515	44160	51185	57685	63731
53	36648	44281	51298	57789	63828
54	36781	44403	51410	57893	63925
55	36913	44525	51522	57997	64023
56	37046	44646	51634	58101	64119
57	37178	44767	51746	58205	64216
58	37310	44888	51858	58309	64313
59	37442	45009	51969	58412	64410
60	37574	45130	52071	58516	64506
Log. n.					
0	9,05522	9,21322	9,35804	9,49170	9,61580
10	9,08256	9,23820	9,38104	9,51300	9,63564
20	9,10950	9,26284	9,40374	9,53406	9,65526
30	9,13602	9,28712	9,42616	9,55486	9,67466

Log. *m.*					
″	20′	21′	22′	23′	24′
0	2,89482	2,93717	2,97755	3,01613	3,05306
1	89554	93786	97820	01675	05366
2	89626	93855	97886	01738	05426
3	89699	93923	97952	01801	05487
4	89771	93992	98017	01864	05547
5	89836	94061	98083	01926	05607
6	89915	94129	98148	01989	05667
7	89987	94198	98214	02052	05727
8	90059	94266	98279	02114	05787
9	90130	94335	98344	02177	05847
10	90202	94403	98410	02239	05907
11	90274	94471	98475	02302	05966
12	90346	94540	98540	02364	06026
13	90417	94608	98605	02426	06086
14	90489	94676	98670	02489	06146
15	90560	94744	98735	02551	06205
16	90632	94812	98800	02613	06265
17	90703	94880	98865	02675	06324
18	90774	94948	98930	02737	06384
19	90845	95016	98995	02799	06444
20	90917	95084	99060	02861	06503
21	90988	95152	99125	02923	06562
22	91059	95219	99189	02985	06622
23	91130	95287	99254	03047	06681
24	91201	95355	99319	03109	06740
25	91273	95422	99383	03171	06800
26	91343	95490	99448	03232	06859
27	91413	95557	99512	03294	06918
28	91484	95625	99576	03356	06977
29	91555	95692	99641	03417	07036
30	91625	95759	99705	03479	07095
Log. *n.*					
0	0,17418	0,25888	0,33964	0,41680	0,49066
10	0,18858	9,27260	0,35274	0,42932	0,50268
20	0,20288	0,28622	0,36574	0,44176	0,51460
30	0,21704	0,29972	0,37864	0,45412	0,52644

von m und n.

Log. m.					
n	20′	21′	22′	23′	24′
30	2,91625	2,95759	2,99705	3,03479	3,07095
31	91696	95827	99769	03540	07154
32	91766	95894	99834	03602	07213
33	91837	95961	99898	03663	07272
34	91907	96028	99962	03725	07331
35	91977	96095	3,00026	03787	07389
36	92048	96162	00090	03848	07449
37	92118	96229	00154	03909	07508
38	92188	96296	00218	03970	07567
39	92258	96362	00282	04031	07625
40	92328	96429	00346	04092	07684
41	92398	96496	00409	04153	07742
42	92468	96563	00473	04214	07801
43	92538	96630	00537	04275	07859
44	92608	96696	00600	04336	07918
45	92677	96763	00664	04397	07976
46	92747	96829	00728	04458	08035
47	92817	96896	00791	04519	08094
48	92886	96962	00855	04580	08151
49	92956	97028	00918	04641	08210
50	93026	97095	00981	04701	08268
51	93096	97161	01045	04762	08326
52	93164	97227	01108	04823	98384
53	93233	97293	01171	04883	08442
54	93303	97359	01234	04944	08501
55	93372	97425	01298	05004	08559
56	93441	97491	01361	05065	08617
57	93510	97557	01424	05125	08675
58	93579	97623	01487	05185	08733
59	93648	97689	01550	05246	08791
60	93717	97755	01613	05306	08848
Log. n.					
30	0,21704	0,29972	0,37864	0,45412	0,52644
40	0,23110	0,31312	0,39146	0,46638	0,53822
50	0,24504	0,32644	0,40416	0,47856	0,54990
60	0,25888	0,33964	0,41680	0,49066	0,56150

Log. *m*.					
″	25′	26′	27′	28′	29′
0	3,08848	3,12252	3,15526	3,18681	3,21725
1	08906	12307	15580	18733	21775
2	08964	12363	15633	18784	21825
3	09022	12478	15686	18836	21875
4	09079	12474	15740	18887	21924
5	09137	12529	15793	18939	21974
6	09195	12585	15847	18990	22024
7	09252	12640	15900	19042	22073
8	09310	12695	15953	19093	22123
9	09367	12751	16007	19145	22172
10	09425	12806	16060	19196	22222
11	09482	12861	16113	19247	22272
12	09540	12916	16166	19299	22321
13	09597	12972	16210	19350	22371
14	09655	13027	16273	19401	22420
15	09712	13082	16326	19452	22470
16	09769	13137	16379	19503	22519
17	09826	13196	16432	19554	22568
18	09883	13247	16485	19606	22618
19	09941	13302	16538	19657	22667
20	09998	13357	16591	19708	22716
21	10055	13412	16643	19759	22766
22	10112	13467	16696	19810	22815
23	10169	13521	16749	19861	22864
24	10226	13576	16802	19912	22913
25	10283	13631	16855	19962	22963
26	10340	13686	16907	20013	23012
27	10396	13740	16960	20064	23061
28	10453	13795	17013	20115	23110
29	10510	13850	17066	20166	23159
30	10567	13904	17118	20216	23208
Log. *n*.					
0	0,56150	0,62958	0,69506	0,75816	0,81904
10	0,57304	0,64066	0,70574	0,76846	0,82898
20	0,58450	0,65168	0,71636	0,77870	0,83886
30	0,59588	0,66262	0,72690	0,78886	0,84870

von m und n.

Log. m.					
$''$	5′	26′	27′	28′	29′
30	3,10567	3,13904	3,17118	3,20216	3,23208
31	10623	13959	17170	20267	23257
32	10680	14013	17223	20318	23306
33	10737	14068	17275	20369	23355
34	10793	14122	17327	20419	23404
35	10850	14177	17380	20470	23453
36	10906	14231	17433	20520	23501
37	10963	14285	17485	20571	23550
38	11019	14340	17538	20621	23599
39	11076	14394	17590	20672	23648
40	11132	14448	17642	20722	23697
41	11188	14502	17694	20772	23745
42	11245	14557	17746	20822	23794
43	11301	14611	17799	20873	23843
44	11357	14665	17851	20924	23891
45	11413	14719	17903	20974	23940
46	11469	14773	17955	21024	23988
47	11525	14827	18007	21075	24037
48	11582	14881	18059	21125	24086
49	11638	14935	18111	21175	24134
50	11694	14989	18163	21225	24182
51	11750	15043	18215	21275	24231
52	11805	15096	18267	21325	24279
53	11861	15150	18319	21375	24328
54	11917	15204	18371	21425	24376
55	11973	15258	18422	21475	24424
56	12029	15312	18474	21525	24473
57	12085	15365	18526	21575	24521
58	12140	15419	18578	21625	24569
59	12196	15472	18639	21675	24617
60	12252	15526	18681	21725	24666
			Log. n.		
30	0,59588	0,66262	0,72690	0,78886	0,84870
40	0,60718	0,67350	0,73738	0,79898	0,85848
50	0,61842	0,68432	0,74780	0,80904	0,86818
60	0,62958	0,69506	0,75816	0,81904	0,87885

	Log. *m*.			
0	31′	32′	33′	34′
[illegible]	3,27509	3,30262	3,32931	3,35519
[illegible]	27556	30303	32975	35562
[illegible]	27602	30353	33028	35604
[illegible]	27649	30398	33062	6564[illegible]
[illegible]	27695	30443	33106	35683
[illegible]	27742	30488	33149	3573[illegible]
[illegible]	27788	30533	33193	3577[illegible]
[illegible]	27835	30578	33237	3581
[illegible]	27881	30622	33280	3585
[illegible]	27928	30668	33324	3590
[illegible]	27974	30713	33368	3594[illegible]
[illegible]	28021	30758	33411	3598[illegible]
[illegible]	28067	30803	33455	3602[illegible]
[illegible]	28113	30848	33498	3607[illegible]
25337	29159	30892	33542	3611[illegible]
25385	28206	30937	33585	3615[illegible]
25433	28252	30982	33629	3619[illegible]
25481	28298	31027	33672	3623[illegible]
25528	28344	31072	33715	3628[illegible]
25576	28391	31116	33759	3632[illegible]
25624	28437	31161	33802	3636[illegible]
25671	28483	31206	33846	3640[illegible]
25719	28529	31250	33889	3644[illegible]
25767	28575	31295	33932	36491
25814	28621	31340	33975	36533
25862	28667	31384	34019	36575
25909	28713	31429	34062	36617
25966	28759	31473	34105	36659
26004	28805	31518	34148	36701
26051	28851	31562	34192	36743
26099	28897	31607	34235	36785

	Log. *n*.			
0,87885	0,93473	0,98979	1,04316	1,09493
0,88746	0,94402	0,99879	1,05190	1,10341
0,89702	0,95328	1,00777	1,06059	1,11184
0,90652	0,96248	1,01668	1,06924	1,12024

von *m* und *n*.

Log. *m*.					
″	30′	31′	32′	33′	34′
30	3,26099	3,28897	3,31607	3,34235	3,36785
31	26146	28943	31651	34278	36827
32	26194	28988	31696	34321	36868
33	26241	29034	31740	34364	36910
34	26288	29080	31785	34407	36952
35	26336	29126	31829	34450	36994
36	26383	29172	31873	34493	37036
37	26430	29227	31918	34536	37077
38	26477	29263	31962	34579	37119
39	26524	29309	32006	34622	37161
40	26572	29354	32050	34665	37203
41	26619	29400	32095	34708	37244
42	26666	29446	32139	34751	37286
43	26713	29491	32183	34794	37328
44	26760	29537	32227	34836	37369
45	26807	29582	32271	34879	37411
46	26854	29628	32315	34922	37452
47	26901	29673	32360	34965	37494
48	26948	29719	32404	35008	37535
49	26995	29764	32448	35050	37577
50	27042	29810	32492	35093	37618
51	27088	29855	32536	35136	37660
52	27135	29900	32580	35178	37701
53	27182	29946	32624	35221	37743
54	27229	29991	32668	35264	37784
55	27276	30036	32712	35306	37826
56	27322	30082	32755	35349	37867
57	27369	30127	32799	35392	37908
58	27416	30172	32843	35434	37950
59	27463	35217	32887	35477	37991
60	27509	30262	32931	35520	38032
			Log. *n*.		
30	0,90652	0,96248	1,01668	1,06924	1,12024
40	0,91598	0,97163	1,02555	1,07784	1,12860
50	0,92538	0,98074	1,03438	1,08641	1,13691
60	0,93473	0,98979	1,04316	1,09493	1,14519

Log. *m*.					
"	35′	36′	37′	38′	39′
0	3,38032	3,40474	3,42849	3,45160	3,47411
1	38073	40514	42888	45198	47448
2	38115	40554	42927	45236	47485
3	38156	40595	42965	45274	47522
4	38197	40635	43004	45312	47559
5	38238	40675	43044	45350	47596
6	38280	40715	43083	45388	47633
7	38321	40755	43122	45426	47670
8	38362	40795	43161	45464	47707
9	38403	40835	43200	45502	47744
10	38444	40875	43239	45539	47781
11	38485	40915	43277	45577	47817
12	38526	40955	43316	45615	47854
13	38567	40995	43355	45653	47891
14	38608	41034	43394	45691	47927
15	38649	41074	43433	45728	47965
16	38690	41114	43471	45766	48002
17	38731	41154	43510	45804	48038
18	38772	41194	43549	45842	48075
19	38813	41233	43588	45879	48112
20	38854	41273	43626	45917	48149
21	38895	41313	43665	45955	48185
22	38936	41353	43704	45992	48222
23	38976	41392	43742	46030	48259
24	39017	41432	43781	46068	48295
25	39058	41472	43820	46105	48332
26	39099	41511	43858	46143	48369
27	39140	41551	43897	46180	48405
28	39180	41591	43935	46218	48442
29	39221	41630	43974	46255	48478
30	39262	41670	44012	46293	48515
Log. *n*.					
0	1,14519	1,19403	1,24151	1,28775	1,33277
10	1,15343	1,20204	1,24902	1,29533	1,34016
20	1,16162	1,21001	1,25707	1,30289	1,34752
30	1,16978	1,21794	1,26479	1,31041	1,35484

von m und n.

Log. m.					
n	35′	36′	37′	38′	39′
30	3,39262	3,41670	3,44012	3,46293	3,48515
31	39303	41709	44051	46331	48551
32	39343	41749	44089	46368	48588
33	39384	41788	44128	46405	48625
34	39424	41828	44166	46443	48661
35	39465	41867	44205	46480	48698
36	39506	41907	44243	46518	48734
37	39546	41946	44282	46555	48770
38	39587	41986	44320	46593	48807
39	39627	42025	44358	46630	48843
40	39668	42065	44397	46667	48880
41	39708	42104	44435	46705	48916
42	39749	42143	44473	46742	48953
43	39789	42183	44512	46779	48989
44	39830	42222	44550	46817	49025
45	39870	42261	44588	46854	49062
46	39911	42301	44626	46891	49098
47	39951	42340	44665	46928	49134
48	39991	42379	44703	46966	49170
49	40032	42419	44741	47003	49207
50	40072	42458	44779	47040	49243
51	40112	42497	44817	47077	49279
52	40153	42536	44856	47114	49315
53	40193	42575	44894	47152	49352
54	40233	42614	44932	47189	49388
55	40273	42654	44970	47226	49424
56	40314	42693	45008	47263	49460
57	40354	42732	45046	47300	49496
58	40394	42771	45084	47337	49533
59	40434	42810	45122	47374	49569
60	40474	42849	45160	47411	49605
Log. n.					
30	1,16978	1,21794	1,26479	1,31041	1,35484
40	1,17790	1,22584	1,27248	1,31789	1,36214
50	1,18598	1,23380	1,28013	1,32535	1,36941
60	1,19403	1,24152	1,28775	1,33277	1,37664

Tafel VIII. Logarithmen von *m* und *n*.

Log. *m*.					
″	40′	41′	″	40′	41′
0	3,49605	3,51744	30	0,50681	3,52794
1	49641	51779	31	50717	52829
2	49677	51814	32	50752	52863
3	49713	51849	33	50788	52898
4	49749	51885	34	50823	52933
5	49785	51920	35	50859	52968
6	49821	51955	36	50895	53002
7	49857	51990	37	50930	53037
8	49893	52025	38	50966	53072
9	49929	52060	39	51001	53106
10	49965	52095	40	51037	53141
11	50001	52130	41	51072	53176
12	50037	52165	42	51108	53210
13	50073	52201	43	51143	53245
14	50109	52236	44	51179	53280
15	50145	52271	45	51214	53314
16	50180	52306	46	51250	53349
17	50216	52341	47	51285	53383
18	50252	52375	48	51320	53418
19	50288	52410	49	51356	53452
20	50324	52445	50	51391	53487
21	50360	52480	51	51426	53521
22	50395	52515	52	51462	53556
23	50431	52550	53	51497	53590
24	50467	52585	54	51532	53625
25	50503	52620	55	51568	53659
26	50538	52655	56	51603	53694
27	50574	52690	57	51638	53728
28	50610	52724	58	51673	53763
29	50645	52759	59	51709	53797
30	50681	52794	60	51744	53831

Log. *n*.					
0	1,37664	1,41942	30	1,39716	1,4404
10	1,38384	1,42645	40	1,40428	1,4473
20	1,39102	1,43345	50	1,41237	1,4542
30	1,39816	1,44042	60	1,41942	1,4611

Beschreibung

der

Autographen-Instrumente:

Windfahne, Winddruckmesser, Regen- und Schneemesser.

Die seit mehren Jahren an der Sternwarte in Prag aufgestellten Autographen-Instrumente für Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit leisten nicht nur hier, sondern auch an anderen Orten fortwährend gute Dienste, und machten es wünschenswerth, auch für die übrigen meteorologischen Elemente solche Apparate zu besitzen, um ihre Aenderungen mit derselben Unablässigkeit verfolgen zu können, wie diess bei den genannten geschieht. Dieser Wunsch wurde für unsere Anstalt mit dem Anfange dieses Jahres erfüllt, denn seit dieser Zeit befinden sich drei neue Apparate in Thätigkeit, welche die Aenderungen der Windrichtung, des Winddruckes und die Menge des Niederschlages aufzeichnen, und deren Beschreibung hier folgt.

Windfahne. *A* Fig. II ist eine Scheibe von dünnem Eisenblech, welche mittelst der Eisenstange *CD* mit einem bleiernen Ringe *B* verbunden wird. Die Stange ist in *E* mit der Röhre *EF* fest zusammengeschraubt, so dass die Windfahne *A* sich nicht drehen kann, ohne die Röhre *EF* mit sich zu nehmen. Eine Schraube, welche bei *E* in ein in die Stange gebohrtes Loch eingreift, hindert diese, wenn sie rund ist, sich um ihre Achse zu drehen; bei einer viereckigen Stange ist diess ohnehin nicht zu fürchten. Der obere Theil dieser Röhre ist mit einer concaven Platte von einer harten Substanz versehen, die auf der gehärteten Spitze der Stange *EG*, die von Eisen ist, ruht.

frk, *gbk* sind leer. Im Schwerpunkte einer jeden Tafel ist ein Häkchen angebracht, in welches ein horizontaler Faden eingehängt wurde, der, um eine Rolle laufend, verschiedene Gewichte tragen konnte, um durch Versuche die Oeffnung der Tafel, und ihr zu Folge die Hebung des Hebels zu bestimmen, welche jedem Drucke entspricht.

Der ganze auf der Stange in *E* ruhende Apparat muss so angeordnet sein, dass der bleierne Ring und das Gewicht des Winddruckmessers zusammengenommen mit der Scheibe *A* im Gleichgewichte sind, und der Cylinder *PH* nicht einseitig auf die Stange drückt. Die Büchse *bak* (Fig. II) beschirmt die Bewegung des Gewichtes vor Schnee und Eis, so wie auch die Enden der Achse, um welche sich die Tafeln drehen (*f*, *t*, *r*, *g*, Fig. I), durch leicht abzunehmende Blättchen gedeckt sein müssen.

Regenmesser. Die cylindrische Röhre *ABPQ* Fig. III, von welcher sich der Theil *CDPQ* über dem Dache befindet, enthält das trichterförmige Auffanggefäss *PQR*, das in der Mitte eine Oeffnung hat, an welche die Messingröhre *RS* angeschraubt ist. Die untere Mündung dieser Röhre steht senkrecht über dem Gefässe *T*, das durch zwei Träger auf dem einen Ende des Hebels *IL* aufgestellt ist, dessen entgegengesetztes Ende *L* den Bleistift trägt. Unter dem Ruhepunkte des Hebels *E* ist eine Stange mit einem Gewichte *P'* angebracht, durch welches man ihn beliebig träge machen kann. Die Schale *T* steckt mit zwei runden Zapfen in den Trägern, und ist zum Umschlagen eingerichtet. Wie nämlich das Wasser sich darin vermehrt, so sinkt das Hebelende mit der Schale *T* und der Bleistift *L* zeichnet auf der Tafel, so lange der Regen andauert, eine aufsteigende Linie, welche mit dem Aufhören des Regens horizontal wird. Mit dem Steigen des Wassers im Gefässe steigt auch der Schwerpunkt desselben, und wenn es eine gewisse Höhe über dem Ringe *FG*, an welchem die Zapfen angebracht sind, erreicht hat, so hat auch der Schwerpunkt die Zapfen überstiegen, die Schale schlägt um und leert ihr Wasser in ein darunterstehendes grösseres Gefäss aus. Durch das Laufgewicht *V*, so wie durch eine höhere oder tiefere Stellung der Schale im Ringe *FG* lässt sich diess leicht so reguliren, dass das Umschlagen eintritt, ehe der Bleistift den oberen Rand der Tafel erreicht.

Das Ausleeren geschieht so schnell, dass nicht alles Wasser Zeit hat, herauszustürzen; diess ist aber kein Uebelstand, sondern im Gegentheile ein offenbarer Vortheil, weil während desselben kein oder wenig Regen verloren geht, was bei einer langsameren Entleerungsmethode, z. B. durch eine Heberröhre, der Fall ist. Das darin bleibende Wasser kann durch die Entfernung des Punktes, in welchem der Bleistift wieder zu zeichnen anfängt, von dem bekannten Punkte, bei welchem er zu zeichnen anfangen würde, wenn die Schale ganz leer wäre, leicht ausgemittelt werden, wenn es nöthig sein sollte.

In den Wintermonaten, wenn Schnee fällt, kann natürlich das trichterförmige Gefäss mit der Röhre *RS* nicht angewendet werden. Es wird weggenommen, und statt der Schale *T* wird in den Ring des Hebels *HI* das grössere Gefäss *KUM* Fig. IV gestellt, welches die Mündung der weiten Röhre *AB* ringsumgibt, und den durch selbe fallenden Schnee auffängt. In *U* ist ein Hahn angebracht, durch welchen der durch künstliche Wärme in Wasser verwandelte Schnee ablaufen kann.

Zeichenapparat. Die Tafel, auf welcher die Bleistifte zeichnen, ist, wie man aus Fig. V *ABCD* sieht, grösser, als bei den frühern Autographen, aber übrigens auf dieselbe Weise eingerichtet. Sie bewegt sich zwischen zwei Eisenschienen *EF* und *GH*, von denen die erste mittelst den an die Tafel angeschraubte Rädern *I* und *K* sie trägt, die zweite dient sie in senkrechter Lage zu erhalten, indem die Feder *L'M*, die an ihren Enden ebenfalls kleine Räder besitzt, sich gegen die Schiene stemmt. Die Fortbewegung der Tafel geschieht durch die Schnur *NP*, welche bei *Q* an ihr eingeklemmt ist, und sich bei *N* um ein Uhrrad, bei *P* aber um ein gleich grosses an dem Gestelle angebrachtes Rad schlingt, das durch die Schraube *R* der Uhr etwas genähert oder entfernt werden kann, und dadurch die Schnur weniger oder mehr spannt. Da die Schnelligkeit der Bewegung der Tafel von dem Durchmesser des Uhrrades abhängt, so hat man sie ganz in seiner Gewalt. Im hiesigen Apparate ist sie so eingerichtet, dass die Tafel in ungefähr 26 Stunden ihre Länge durchläuft. Die drei Bleistifte *S* (für die Windfahne), *T* (für den Winddruckmesser), *L* (für den Regenmesser) drücken durch die Elasticität der Hebelstange, an

deren Ende sie angebracht sind, fortwährend auf das Papier, beschreiben also ununterbrochene Linien, deren Unterabtheilung nach Stunden mittelst einer Scale, die den von der Tafel binnen 24 Stunden beschriebenen Weg gleichmässig abtheilt, leicht bewerkstelligt werden kann. Sie sind in Röhren gefasst (Fig. VI), deren äussere Wand ein männliches Schraubengewinde bildet, das in die am Ende des Hebels befindliche Schraubenmutter eingeschraubt und durch eine Gegenmutter festgestellt wird.

Die Tafel besteht aus zwei Theilen, dem Boden aus Blech und der Rahme aus Holz, welche durch die beiden Seitenschrauben *V*, *W*, und an ihrem obern Rande durch drei Klammern an den Boden angedrückt wird; der untere Rand ist charnierartig daran befestigt. Beim Einlegen des Papiers werden zuerst die Bleistifte abgeschraubt, die Klammern und Seitenschrauben weggenommen, die Rahme von dem Boden entfernt und das Papier gewechselt. Um diess leichter ausführen zu können, ist in der oberen Wand des Kastens *abcd*, welche den Zeichenapparat und die Uhr umschliesst, eine hinreichend grosse Oeffnung eingeschnitten, welche durch einen Deckel geschlossen wird.

Die Uhr ist eine gewöhnliche Pendeluhr mit kurzem Pendel, die durch ein Gewicht im Gange erhalten wird. Die Kette (Fig. VII), durch welche die Hebel von der Windfahne und den Winddruckmesser in Bewegung gesetzt werden, ist aus versilbertem Kupferdraht verfertigt.

Tafel II gibt eine vom Apparate gelieferte Zeichnung, welche dienen wird, das Verfahren anschaulich zu machen, das man anzuwenden pflegt, um daraus die Zahlenwerthe zu entnehmen.

Der Kreisbogen am linken oder rechten Rande ist vom Hebel der Windfahne gezeichnet, und enthält die Himmelsgegenden, aus deren jeder eine horizontale Linie nach der ganzen Länge des Papiers gezogen wird, um die Zeichnung mit ihnen vergleichen oder die Windrichtung abschätzen zu können. Die mittlere Linie, welche durch Bewegung der Tafel, während die Fahne in Osten eingeklemmt war, entstanden ist, dient als Stundenlinie, und auf der oberen Linie wurden für jede Stunde die Windrichtungen angeschrieben, welche der Mitte der Zeichnung zukommen.

Die Linie *AB* ist die Stundenlinie für den Regen, auf welcher zugleich der Nullpunkt des Regens liegt. Man sieht, dass der Regen um $6^h\,40'$ begann, nämlich bei *a*, wo die Zeichnung sich von der Stundenlinie ablöst, und dass der Regen abwechselnd bis $7^h\,10'$ andauerte, dann aufhörte. In dieser Zeit regnete es $0'''.1$. Um $8^h\,20'$ begann er wieder und dauerte mit gleichmässiger Stärke fort bis zum Ausleeren des Gefässes, das um $9^h\,0'$ erfolgte. Der Bleistift zeichnete während dieser Zeit den Bogen *bc*, und durch das Ausleeren sank er um den Bogen *cd*, daher der Punkt *d* der neue Nullpunkt ist. Aus den auf diesem Bogen aufgetragenen Scalentheilen ersieht man, dass es von $8^h\,20'$ bis $9^h\,0'$ mit ziemlich gleichförmiger Dichtigkeit $1'''.66$ regnete. Der neue Nullpunkt *b* liegt tiefer als der vorige, weil beim Ausleeren das Laufgewicht des Hebels (Fig. III, *N'*) vorgeschoben wurde, um den Bleistift nicht mehr so hoch steigen zu lassen. Zugleich wurde absichtlich alles Wasser aus dem Gefässe gegossen. Um 9^h liess, wie man aus der Krümmung bei *d* sieht, der Regen ein wenig nach, kehrte aber bald wieder mit derselben Intensität und Gleichförmigkeit wie früher zurück, und zeichnete die Linie *de*. Das Gefäss goss dann (um $10^h\,10'$) aus, aber nicht mehr alles Wasser, daher der Bleistift nur bis *f* sank, wo der neue Nullpunkt anzunehmen ist. Zwischen den beiden Ausgüssen fielen, wie man aus der beigeschriebenen Scale ersieht, $1'''.25$ Wasser. Die weitere Zeichnung zeigt, dass der Regen bis $10^h\,30'$ mit gleicher Intensität erhielt, dann schwächer wurde, so dass von $10^h\,10'$ bis 11^h nur $0'''.77$ Regen fiel, von 11^h bis 12^h fiel $0'''.17$ und bis $12^h\,30'$ etwa nach $0'''.005$, worauf es bis $22^h\,20'$ (der Zeit, in welcher das Papier gewechselt wurde,) nicht mehr regnete. Es ist demnach die Regenmenge dieses Tages

von	6^h	$40'$	bis	7^h	$10'$	Regenmenge	$= 0'''.10$
„	8	20	„	9	0	„	$= 1.66$
„	9	0	„	10	10	„	$= 1.25$
„	10	10	„	11	0	„	$= 0.77$
„	11	0	„	12	0	„	$= 0.17$
„	12	0	„	12	30	„	$= 0.005$
						Summe	$= 3.955$

welche Grösse noch wegen der Benetzung der Wände zu corrigiren ist. Die bei dieser Zeichnung angewendete Scale wurde

auf folgende Weise gefunden. Aus vielfachen Versuchen wurde bestimmt, dass ein Kubikzoll Wasser in die Schale gegossen, den Bleistift um einen Bogen hebt, dessen Sehne =2‴.832 Par. M. ist und aus den Abmessungen des oberen Auffanggefässes ergab sich, dass ein Kubikzoll einem Niederschlage von 0‴.0521 entspricht, woraus folgt, dass ein Niederschlag von 0‴.1 einen Bogen zeichnet, dessen Sehne =5‴.436 ist.

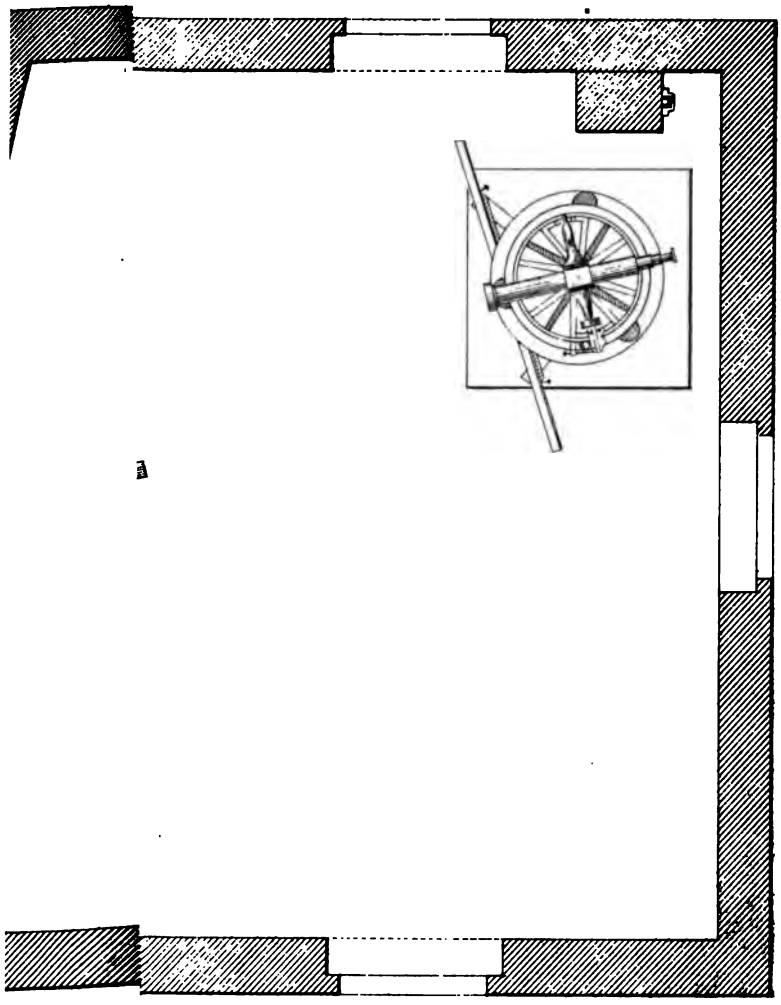
Die dritte Stundenlinie ist jene des Winddruckes, welche auch zugleich den Nullpunkt dieses Druckes enthält. Nach dem früher angeführten Versuche, um auszumitteln, welches Gewicht einer gegebenen Senkung des Bleistiftes entspreche, wurde folgende Tafel berechnet, welche in der ersten Spalte diese Senkung in gerader Linie, also eigentlich die Sehne des beschriebenen Bogens in Millimetern ausgedrückt, in der zweiten Spalte das entsprechende Gewicht in Grammen gibt:

Senkung des Bleistiftes	Gewicht	Senkung des Bleistiftes	Gewicht
mm.		*mm.*	
1	30	11	365
2	60	12	410
3	90	13	455
4	120	14	500
5	150	15	550
6	180	16	600
7	215	17	655
8	250	18	710
9	285	19	770
10	320	20	830

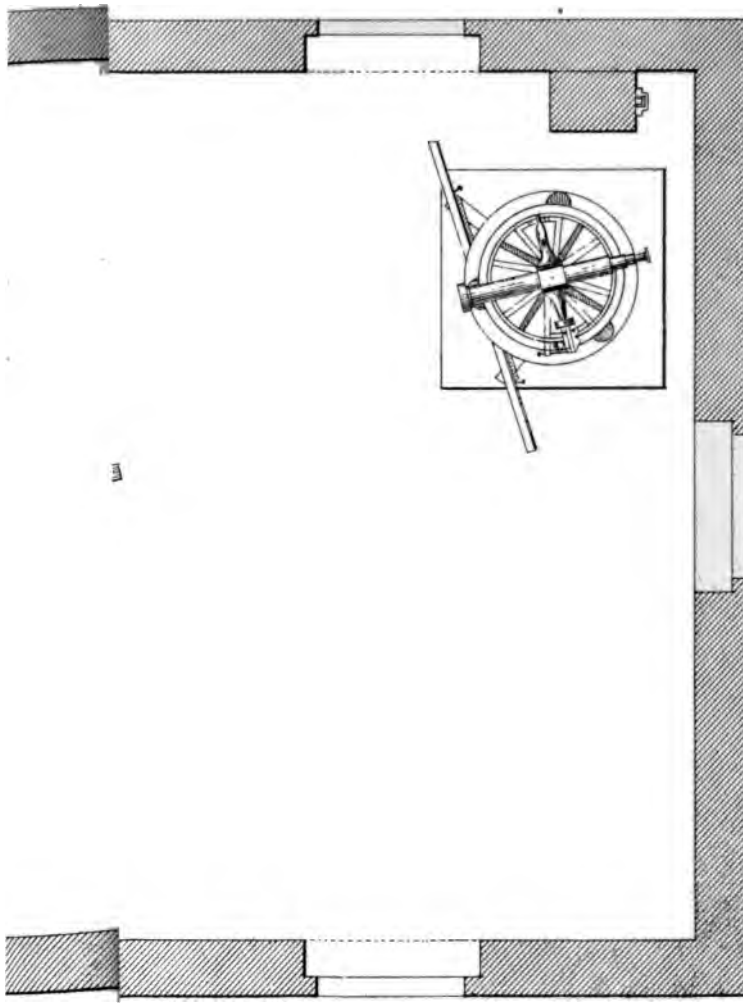
Die Bestimmung des Winddruckes wäre demnach eben so einfach, wie die der Regenmenge, wenn die ganze Bewegung der Windtafel diesem Drucke zuzuschreiben wäre. Da aber der Wind meistens stossweise wirkt, so wird die Windtafel wegen ihrer Trägheit die Excursion vergrössern, und es lässt sich nicht angeben, wie viel dieser Einfluss beträgt, wenigstens scheint das Problem sehr verwickelt zu sein, da einerseits auch der Druck des Gewichtes, andererseits die Reibung des Bleistiftes am Papiere, welche um eine deutliche Zeichnung zu liefern, stark sein muss, ins Spiel kömmt. Die aus der Zeichnung gefolgerten Zah-

len sind daher als keine absoluten, sondern nur als relative Grössen zu betrachten, welche zwar unter einander verglichen werden können, und mit den Windrichtungen zusammengestellt wohl auch giltige Schlüsse über die Bewegungen der Luftmasse erlauben werden. Um die Zeichnung in Zahlen zu verwandeln, wurde nach obiger Tafel eine Scale in Millimetern angefertigt, und an die gezeichneten Linien angelegt. Die halbe Anzahl der Millimeter zwischen der Null-Linie und dem letzten Punkte der Zeichnung gibt das Argument, mit welchem man in obige Tafel eingeht, um daraus den Winddruck in Grammen zu entnehmen. So z. B. ist die Sehne zwischen der Null-Linie und dem äussersten Punkte des um $5^h\,50'$ gezeichneten Bogens = 28 Millimeter, daher 14 das Argument der Tafel und 500 Gramme der daraus genommene Luftdruck. Die diesen Druck darstellenden Zahlen sind auf der untersten Linie eingetragen.

TAF. I.

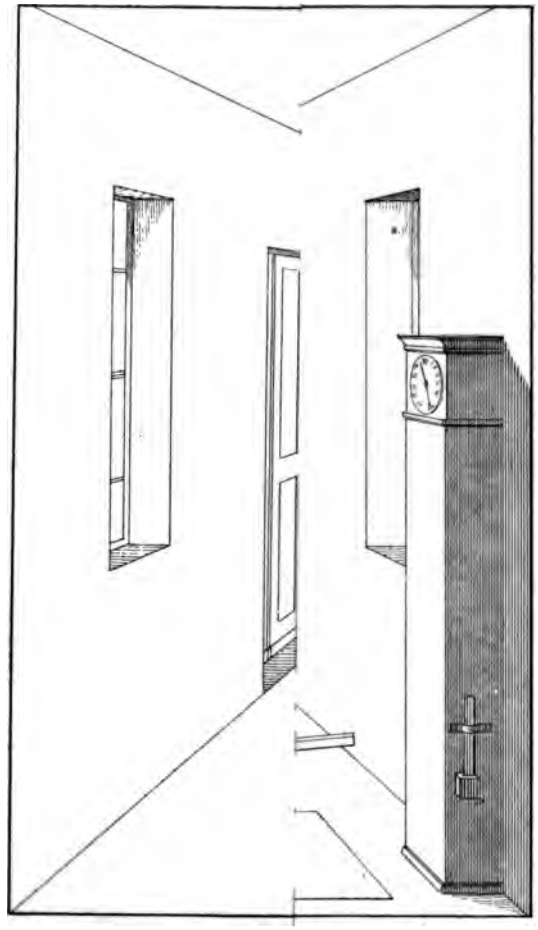


h . gedruckt k.k Hof u Staatsdruckerei unter d. Leitung v. A Hartinger



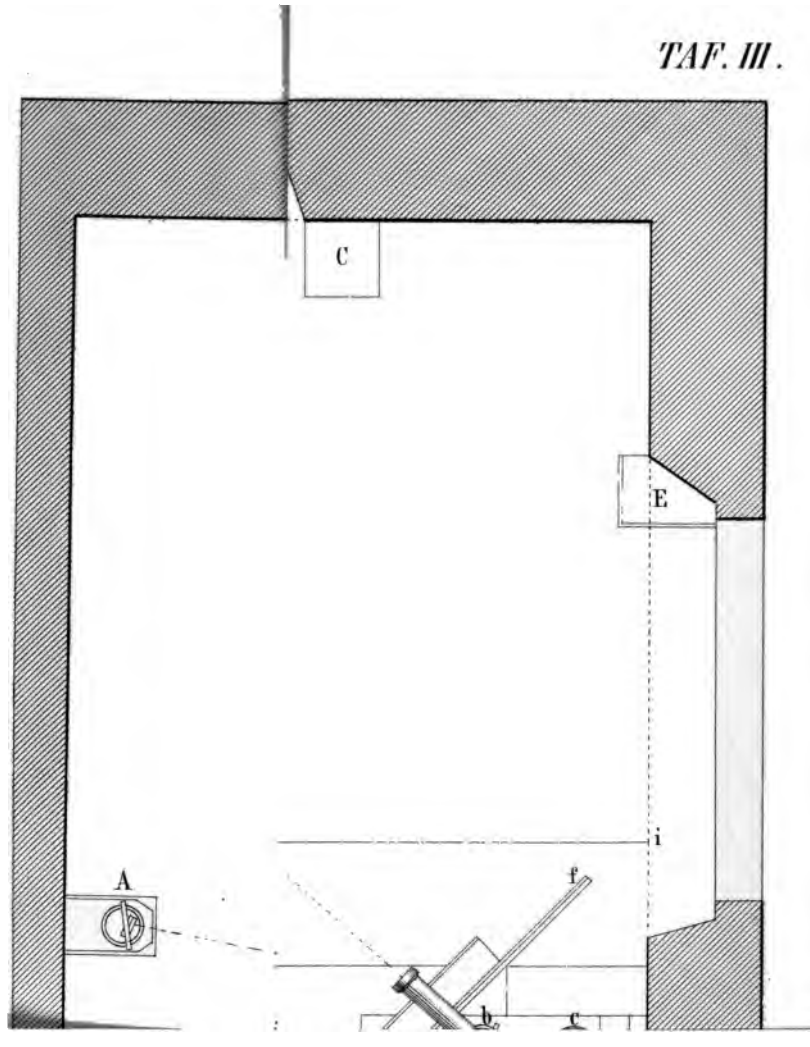
[illegible] gedruckt bei k.k. Hof- u. Staatsdruckerei [illegible] Leitung v. A. Hartleben

TAF. II.

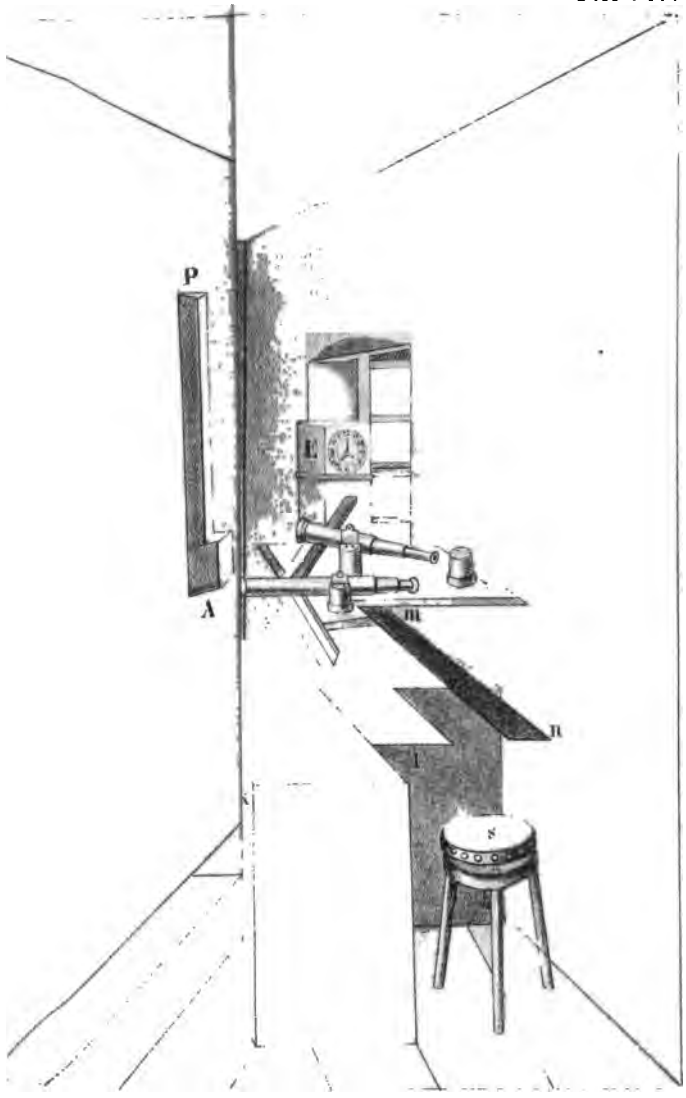


u. Staatsdruckerei unter d. Leitung v. A. Hartinger

TAF. III.



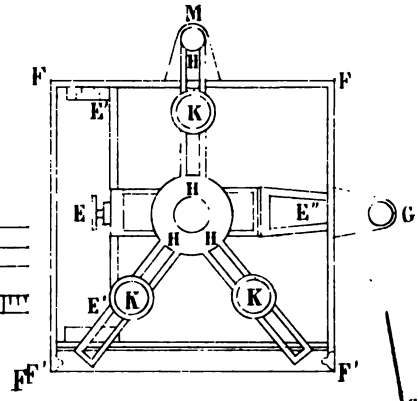
TAF. IV.



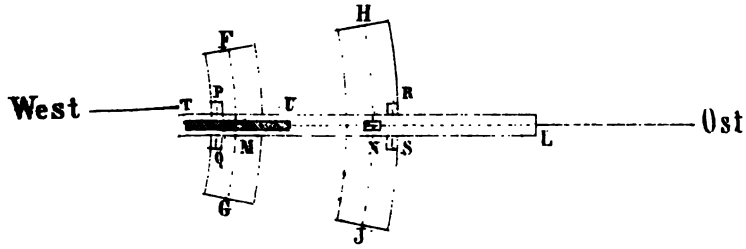
k. Hof-u. Staatsdruckerei unter d. Leitung v. A. Hartinger.

TAF. V.

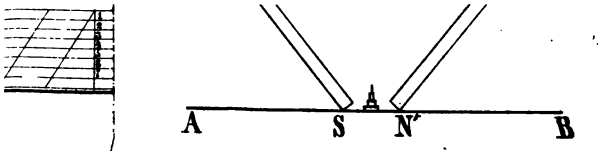
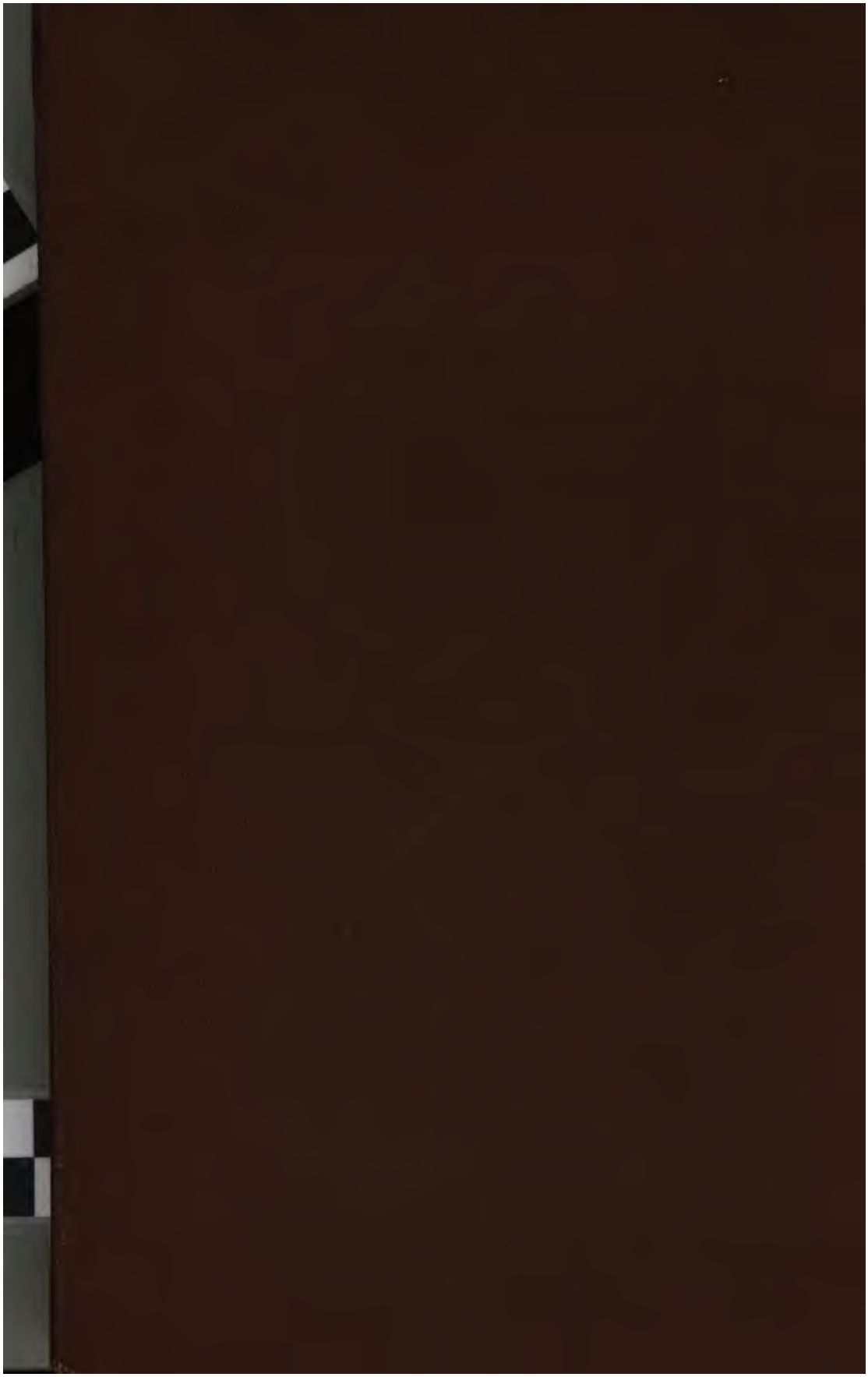
Fig. IV.



TAF. VII.



in der k.k.Hof u. Staatsdruckerei unter d. Leitung v. A. Hartinger



Lith. u. gedr. i. d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei unter d. L